

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

Návrh laboratorního napájecího zařízení

Design of laboratory power supply unit

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Miloslav Kotík**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: **Návrh laboratorního napájecího zařízení**  
**Design of laboratory power supply unit**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický úvod (popis konceptu, popis využití)
2. Návrh HW části
3. Návrh SW části
4. Realizace jednotky
5. Zkušební provoz a jeho vyhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

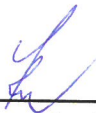
- [1] Manuál Tecomat
- [2] Elektroinstalace krok za krokem, Josef Kunc, 2003
- [3] ČSN 33 2000-5-51 ed.3, Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-51 : Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy
- [4] ČSN 33 2130 ed.2 (3321 30), Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody
- [5] ČSN 33 2000-4-41 ed.2 (33 2000), Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41 : Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem

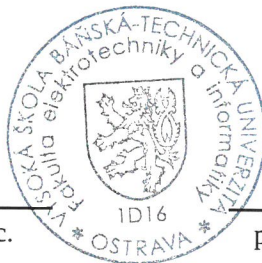
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

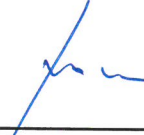
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2020

  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

14.5.2020



.....  
Bc. Miloslav Kotík

# Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem hardwarové a softwarové části laboratorního napájecího zařízení pro čištění a úpravu prádelenských odpadních vod a následnou realizací se systémem řízení Tecomat Foxtrot.

V teoretické části práce jsou popsány elektrické, elektronické, měřicí a řídicí prvky využité pro správnou funkci laboratorního zařízení. Praktická část je zaměřena na výstavbu celého zařízení a rozvaděče. Dále popisuje řídicí software programovatelného automatu PLC, jeho oživení a uvedení do provozu včetně vyhodnocení.

## Klíčová slova

Laboratorní zařízení, napájecí zařízení, rozvaděč, čištění a úprava vod, prádelenské odpadní vody, řídicí systém, programovatelný logický automat, PLC, Tecomat Foxtrot, Sterlitech, Asio Tech

# Abstract

The diploma thesis deals with the design of hardware and software parts of laboratory power supply unit for cleaning and treatment of laundry waste water and implementation with Tecomat Foxtrot control system.

The theoretical part describes electrical, electronic, measuring and control elements used for the correct functioning of laboratory unit. The practical part is focused on the construction of the whole facility and switchboard. It also describes control software of PLC, its activation and commissioning into operation including evaluation.

## Keywords

Laboratory unit, power supply unit, switchboard, water cleaning and treatment, laundry waste water, control system, programmable logic automat, PLC, Tecomat Foxtrot, Sterlitech, Asio Tech

# Obsah

<b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>	<b>7</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>8</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>10</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>2 TEORETICKÝ ÚVOD .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 TECHNOLOGIE ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH PRÁDELENSKÝCH VOD .....</b>	<b>12</b>
2.1.1 MEMBRÁNOVÁ SEPARACE .....	13
2.1.2 POUŽITÁ TECHNOLOGIE LABORATORNÍ JEDNOTKY .....	16
<b>2.2 ŘÍDICÍ SYSTÉM TECOMAT FOXTROT.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 TECO A.S.....	17
2.2.2 PLC, PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT.....	17
2.2.3 VLASTNOSTI TECOMAT FOXTROT .....	17
<b>3 NÁVRH HARDWAROVÉ ČÁSTI.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 NÁVRH STROJŮ A PŘÍSTROJŮ LABORATORNÍ JEDNOTKY .....</b>	<b>20</b>
3.1.1 ZUBOVÉ ČERPADLO VERDER VGS096 .....	21
3.1.2 TLAKOVÝ SNÍMAČ KEYENCE GP-M100 .....	22
3.1.3 VODIVOSTNÍ SONDA SMARIS SV-06.....	22
3.1.4 PRŮTOKOMĚR KEYENCE FD-Q10C .....	23
<b>3.2 NÁVRH ROZVADĚČE.....</b>	<b>24</b>
3.2.1 ZÁKLADNÍ MODUL CP-1003 .....	24
3.2.2 NAPÁJECÍ ZDROJ DR-60-24 .....	25
3.2.3 OPERÁTORSKÝ PANEL ID-32 .....	26
3.2.4 PROUDOVÝ CHRÁNIČ OEZ.....	27
3.2.5 JISTIČ OEZ.....	29
3.2.6 PŘEVODNÍK SMARIS MV1 .....	31
3.2.7 FREKVENČNÍ MĚNIČ INVERTEK OPTIDRIVE 0,75 kW.....	32
<b>3.3 LABORATORNÍ JEDNOTKA.....</b>	<b>34</b>
3.3.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA KONSTRUKCI LABORATORNÍ JEDNOTKY: .....	34
<b>3.4 SCHÉMA ZAPOJENÍ ROZVADĚČE .....</b>	<b>34</b>
<b>4 NÁVRH SOFTWAREVÉ ČÁSTI .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA ŘÍDICÍ SOFTWARE .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 SEZNAM VSTUPŮ A VÝSTUPŮ PLC .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 ŘÍDICÍ SOFTWARE .....</b>	<b>36</b>
4.3.1 ZÁKLADNÍ KONFIGURACE PLC .....	36

4.3.2 HLAVNÍ PROGRAM (MAIN PROGRAM) .....	38
4.3.3 PŘEPOČET MĚŘENÝCH HODNOT .....	39
4.3.4 HAVARIJNÍ TLAK .....	41
4.3.5 PID REGULACE ČERPADLA .....	41
4.3.6 GRAFICKÉ ZOBRAZENÍ TLAKU .....	43
4.3.7 UKLÁDÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT .....	44
4.3.8 VZDÁLENÝ PŘÍSTUP .....	45
4.3.9 OVLÁDACÍ PANEL .....	46
<b>5 REALIZACE JEDNOTKY .....</b>	<b>50</b>
<b>5.1 KONSTRUKČNÍ ČÁST .....</b>	<b>50</b>
<b>5.2 ROZVADĚČOVÁ ČÁST .....</b>	<b>52</b>
<b>5.3 OŽIVENÍ LABORATORNÍ JEDNOTKY .....</b>	<b>54</b>
<b>6 ZKUŠEBNÍ PROVOZ .....</b>	<b>55</b>
<b>7 ZÁVĚR .....</b>	<b>56</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>57</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>61</b>
<b>PŘÍLOHA A – SCHÉMA ZAPOJENÍ .....</b>	<b>61</b>

## SEZNAM ZKRATEK

CFC	Grafický jazyk plovoucích schémat (Continuous Flow Chart)
CFF	Filtrace typu Cross Flow (Cross Flow Filtration)
DEF	Filtrace typu Dead End (Dead End Filtration)
EMC	Elektromagnetická kompatibilita (Electromagnetic Compatibility)
FBD	Grafický jazyk funkčních bloků (Function Block Diagram)
MF	Mikrofiltrace (Microfiltration)
NF	Nanofiltrace (Nanofiltration)
PLC	Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller)
RO	Reverzní osmóza (Reverse Osmosis)
UF	Ultrafiltrace (Ultrafiltration)
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická

# SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 2.1: Schematické znázornění tlakových membránových procesů (MF, UF, NF, RO) [4] .....</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek 2.2: Membránová separace Dead End a Crossflow [5] .....</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek 2.3: Zjednodušené technologické schéma laboratorní jednotky.....</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 2.4: Příklad sestavy PLC Tecomat Foxtrot [8] .....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 3.1: Štítkové hodnoty motoru čerpadla Verder VGS096 .....</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 3.2: Zubové čerpadlo Verder VGS096 [11].....</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 3.3: Tlakový snímač Keyence GP-M100 [13] .....</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 3.4: Vodivostní sonda Smaris SV-06 [14] .....</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 3.5: Průtokoměr Keyence FD-Q10C [17] .....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 3.6: Základní modul CP-1003 Tecomat Foxtrot [18].....</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 3.7: Napájecí zdroj DR-60-24 [19] .....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 3.8: Operátorský panel s dotykovým displejem ID-32 [19].....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 3.9: Princip funkce proudového chrániče a jeho základní části [20].....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 3.10: OLE Proudový chránič OEZ s nadproudovou ochranou 6 kA [23] .....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 3.11: Popis principu funkce jističe [24] .....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 3.12: Jistič LTE - OEZ [26].....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 3.13: Převodník Smaris MV1 [28].....</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 3.14: Obecné blokové schéma frekvenčního měniče [29] .....</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 3.15: Frekvenční měnič Invertek OptiDrive [31] .....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 4.1: Mosaic - Výběr řady PLC.....</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 4.2: Mosaic - Nastavení vstupů a výstupů PLC .....</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 4.3: Mosaic - Hlavní program.....</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 4.4: Mosaic - Funkční blok “merení“ pro přepočet měřených veličin.....</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 4.5: Rovnice přímky pro přepočet měřených veličin .....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 4.6: Mosaic - Funkční blok “hav_tlak“ pro kontrolu havarijního tlaku .....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 4.7: Mosaic - Funkční blok “PID“ pro PID regulaci čerpadla .....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 4.8: Mosaic - Funkční blok “Graf“ pro grafické zobrazení měřených hodnot .....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 4.9: Mosaic - Nastavení kolekce Dataloggeru.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 4.10: Nastavení signálu tlaku Dataloggeru.....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 4.11: Ovládací panel - Obrazovka Měřených veličin.....</i>	<i>46</i>



<i>Obrázek 4.12: Ovládací panel - Obrazovka Manuální režimu .....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 4.13: Ovládací panel - Obrazovka Grafu .....</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 4.14: Ovládací panel - Obrazovka nastavení konstant PID regulace čerpadla .....</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 5.1: Realizace jednotky - Rámová konstrukce .....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 5.2: Realizace jednotky - Rozmístění komponent.....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 5.3: Realizace jednotky - Uchycení skříně rozvaděče.....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 5.4: Realizace rozvaděče - Rozmístění prvků na montážní desce.....</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 5.5: Realizace rozvaděče - Elektroinstalace na montážní desce .....</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 5.6: Realizace rozvaděče - Uchycení montážní desky do rozvaděčové skříně.....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 5.7: Zapojení vinutí motoru do trojúhelníku.....</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 5.8: Rozvaděč laboratorní testovací jednotky.....</i>	<i>54</i>

## SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 2.1: Tlakové membránové procesy [4].....</i>	<i>15</i>
<i>Tabulka 2.2: Skupiny modulů, které lze připojit na sběrnici TCL2.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabulka 3.1: Seznam strojů a přístrojů laboratorní testovací jednotky.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabulka 3.2: Návrh výzbroje rozvaděče.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka 3.3: Základní parametry modulu CP-1003 [18] .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabulka 3.4: Základní parametry napájecího zdroje DR-60-24 [19] .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabulka 3.5: Základní parametry operátorského panelu ID-32 [19] .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka 3.6: Parametry proudového chrániče OEZ OLE [23] .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka 3.7: Parametry jističů OEZ LTE [26] [27] .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 3.8: Parametry převodníku Smaris MV1 [28] .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 3.9: Parametry frekvenčního měniče Invertek OptiDrive 0,75 kW .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 4.1: Seznam vstupů a výstupů PLC .....</i>	<i>36</i>

# 1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem, sestavením, zprovozněním a zkušebním provozem univerzální testovací laboratorní jednotky pro čištění odpadních průdelenských vod v rámci projektu optimalizace průdelenských provozů. Koordinátorem projektu je VŠCHT Praha a dalším řešitelem je firma ASIO TECH, spol. s.r.o. Cílem projektu je návrh technologie pro čištění odpadních vod z průdelenského průmyslu při současném dosažení maximální a ekonomicky únosné úrovně recyklace vody a tepla. Samotná laboratorní jednotka slouží k testování různých typů membrán různých výrobců pro optimalizaci a výběr nejefektivnějšího a nejspolehlivějšího dodavatele membránových procesů pro čištění průdelenských vod.

Na základě technologických podkladů čištění průdelenských vod je v rámci diplomové práce postupně proveden návrh dispozice jednotlivých komponent laboratorní jednotky a návrh hardwarové a softwarové části napájecího zařízení jednotky. Na základě tohoto návrhu je v další části práce laboratorní jednotka fyzicky sestavena a oživena. Poslední částí práce je zkušební provoz laboratorní jednotky a vyhodnocení jejího provozu.

V současné době je při čištění odpadních průdelenských vod kladen důraz zejména na ekonomickou stránku a neméně také na ekologický dopad těchto vod na životní prostředí.

Čištění odpadních vod z průdelen je řešeno několika různými metodami (např. filtrací přes membrány, reverzní osmózou, nanofiltrací, ultrafiltrací, ...) a jejich kombinacemi dle vstupních a požadovaných výstupních parametrů kvality průdelenské vody.

Sestavená laboratorní testovací jednotka má za cíl pomoci při výběru technologie pro konkrétní průdelenský provoz a tím přispět ke zlepšení ekonomického a ekologického dopadu čištění a využití průdelenských vod.

Laboratorní jednotka je mobilní, připojitelná k distribuční síti 230 V. Součástí jednotky je rozvaděč umístěný na zadní straně jednotky. V něm jsou pak umístěna veškerá elektrická a elektronická zařízení potřebná pro spolehlivý a bezpečný provoz jednotky. Řídicím systémem celé laboratorní jednotky je Tecomat Foxtrot.

Práce je členěna do pěti hlavních kapitol odpovídajících zadání diplomové práce. První část práce tvoří kapitola s teoretickým úvodem, kde je popsána technologie čištění průdelenských vod společně s konkrétním technologickým zadáním pro danou laboratorní testovací jednotku. Dále je v této kapitole stručně popsán využitý řídicí systém Tecomat Foxtrot. Další část je praktická, přičemž druhá kapitola obsahuje návrh hardwarové části laboratorní jednotky, kde jsou popsány návrhy jednotlivých strojů a přístrojů a návrh rozvaděče. Čtvrtá kapitola je návrhem softwarové části, ve které je popsán řídicí program pro PLC. Předposlední, pátá kapitola, ukazuje postup při samotné realizaci jednotky. Poslední kapitola pak popisuje zkušební provoz a jeho vyhodnocení laboratorní testovací jednotky.

## **2 TEORETICKÝ ÚVOD**

### **2.1 Technologie čištění odpadních prádelenských vod**

Ekonomických úspor při čištění odpadních vod z prádelen je možno dosáhnout několika způsoby. Zároveň s ekonomickými úsporami lze docílit i zlepšení ekologického dopadu znečištěných vod na životní prostředí. Ekonomické a ekologické aspekty čištění prádelenských vod jsou vzájemně propojené a návrh vhodné technologie pro konkrétní prádelenský provoz zajistí zlepšení kvality odpadní vody z prádelen a současně i ekonomickou úsporu provozovateli prádelny.

Voda z praní obsahuje organické látky ve srovnatelném množství s odpadními vodami komunálními a zároveň má poměrně vysoké pH (9,5-10,5). K praní v prádelnách se používá voda o teplotách 45-55 °C, přičemž se udává, že na 1 kg praného prádla v průmyslových prádelnách je spotřebováno cca 20-30 litrů vody.

Jednou z možností ekonomické úspory je využití teplé výstupní odpadní vody z prádelny pro předehřev vstupní prací vody.

Další možností je využití správné technologie čištění odpadní vody, přičemž se nejvíce využívá tlakové membránové separace.

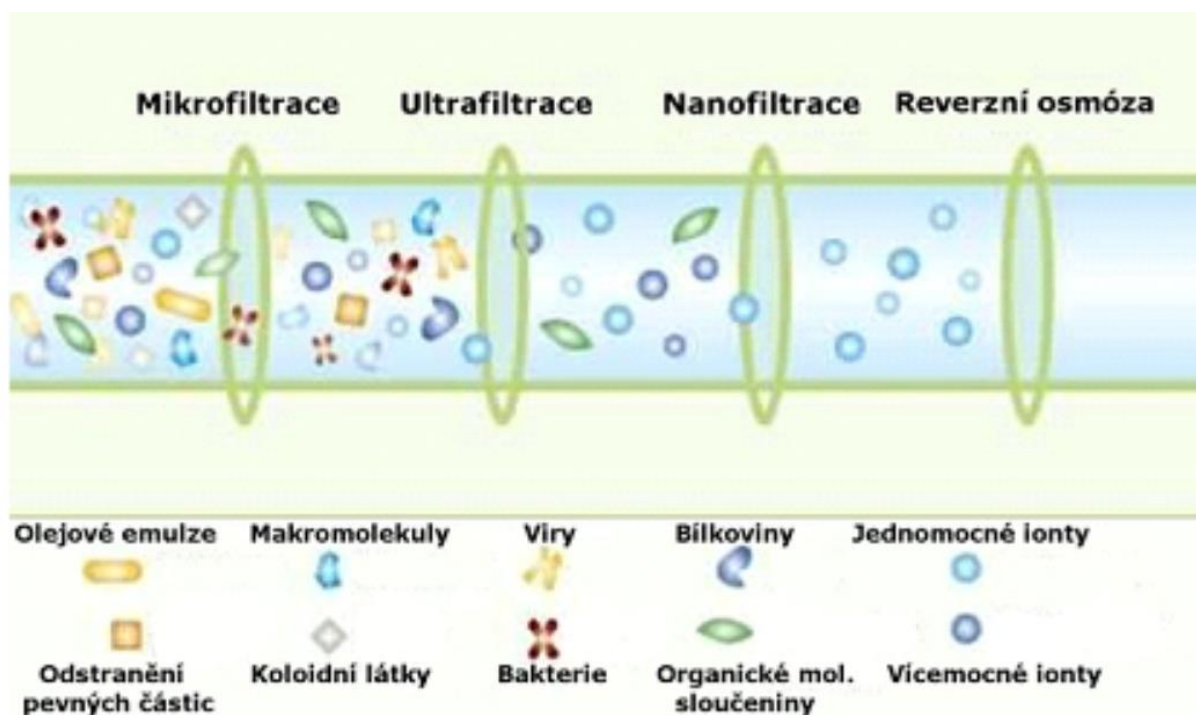
Obě možnosti úspory mají vliv také na životní prostředí, neboť opětovné využití odpadní vody a správný způsob odstraňování znečišťujících a škodlivých látek pomocí membránové separace nemalou měrou přispívá k ekologickému a efektivnímu procesu praní. [1] [2]

Nejdůležitější částí sestavované laboratorní jednotky je cela („housing“) membrány a samotná membrána uložená v této cele. Použitá membrána se liší v konkrétních případech dle vstupních a požadovaných výstupních parametrů odpadní vody. Je možné využít různé typy a metody membránové separace a zároveň využít různých materiálůvých a tvarových provedení jednotlivých membrán.

### 2.1.1 Membránová separace

*Membránová separace* je proces na přechodu mezi filtrací (mechanickým dělením) a difuzí. Při membránové separaci se jako separační element využívá polopropustná membrána a jako hnací síla transportu separovaného média tlaková diference na vstupu a výstupu z membrány. Odtud pramení souhrnné označení “*tlakové membránové procesy*“ pro různé typy separačních technik. Právě tyto tlakové membránové procesy jsou na laboratorní jednotce uplatňovány použitím vhodných membrán.

*Membrána* je tenká přepážka dané pórovitosti dle požadavků, která část pronikajícího média propustí a část zachytí (viz. Obrázek 2.1). Pronikání směsi membránou se nazývá *permeace*. Směs, která pronikne membránou a je odváděna jako výsledný produkt na výstupní straně membrány, je *permeát*. Naopak směs, kterou membrána nepropustí, a která zbývá na vstupní straně membrány po oddělení permeátu, je označována jako *retentát*. [3] [4]



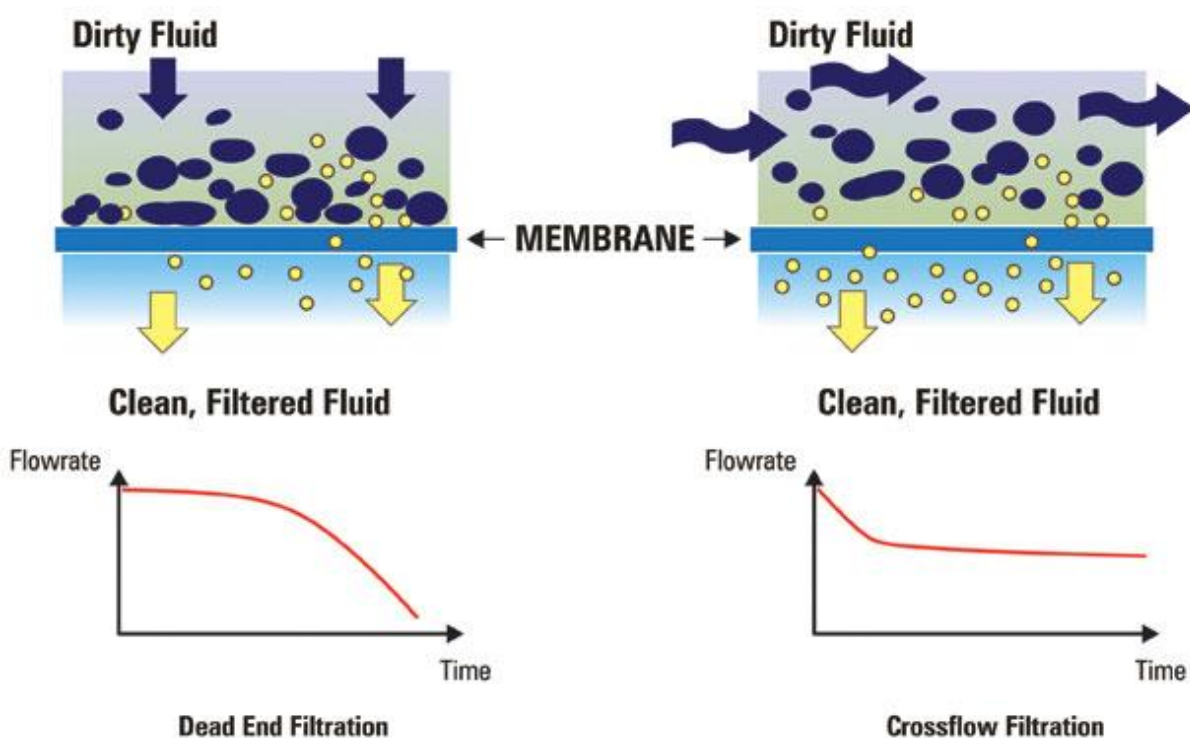
Obrázek 2.1: Schematické znázornění tlakových membránových procesů (MF, UF, NF, RO) [4]

### 2.1.1.1 Metody membránové separace

Rozlišuje se dvojí způsob permeace (pronikání) média přes membránu.

Prvním způsobem permeace je metoda DEF (*dead-end filtration*). V tomto případě je směr proudění směsi kolmý k povrchu membrány, přičemž část směsi proniká membránou a jako permeát je odváděna z výstupního prostoru membrány. Část směsi na vstupu membrány se pak usazuje na membráně jako retentát.

Druhým způsobem permeace je metoda CFF (*crossflow filtration*). V tomto případě je směr proudění směsi podél povrchu membrány, přičemž část směsi vlivem vysokého tlaku proniká skrz membránu a je odváděna z výstupního prostoru membrány jako permeát. Část směsi na vstupu membrány se pak usazuje a zároveň je unášena podél povrchu membrány jako retentát pryč z membrány. [4] [5]



Obrázek 2.2: Membránová separace Dead End a Crossflow [5]

### 2.1.1.2 Tlakové membránové procesy:

#### a) Mikrofiltrace (MF)

- předřazený proces UF a RO
- separace jemných krystalů ve farmaceutickém průmyslu
- úprava vody, sterilizace ovocných šťáv, odstranění bakterií z piva, vína a mléka

#### b) Ultrafiltrace

- předřazený proces RO
- zpracování olejových emulzí, syrovátky, odpadních vod z textilního a papírenského průmyslu

#### c) Nanofiltrace

- čištění odpadních vod z galvanizoven, textilního a papírenského průmyslu
- změkčování vody, odsolování v chemickém průmyslu
- eliminace dusičnanových iontů z pitné vody

#### d) Reverzní osmóza

- čištění odpadních vod z galvanizoven, textilního a papírenského průmyslu
- odsolování mořské vody při výrobě pitné vody
- výroba velmi čisté vody pro farmaceutický, elektrotechnický průmysl a pro napájení vysokotlakých kotlů

Tabulka 2.1: Tlakové membránové procesy [4]

	Mikrofiltrace (MF)	Ultrafiltrace (UF)	Nanofiltrace (NF) Reverzní osmóza (RO)
Struktura membrány	(a)symetrická	asymetrická	asymetrická
Separace	částic	makromolekul (kvasinky, bakterie)	nízkomolekulárních látek (soli, laktóza, glukóza)
Tlaková difference	< 4 bar	1-10 bar	10-60 bar
Tloušťka separační vrstvy	symetrická 10-150 μm asymetrická 1 μm	0,1-1,0 μm	0,1-1,0 μm





## 2.2 Řídicí systém Tecomat Foxtrot

### 2.2.1 TECO a.s.

Česká společnost Teco a.s. je výrobcem řídicích systémů kategorie PLC (Programmable Logic Controller) pro stroje, procesy, budovy či dopravu. Tyto systémy jsou vyvíjeny, vyráběny a následně testovány v souladu s mezinárodními standardy řady IEC EN 61131. [6]

Na laboratorní jednotce je využit právě řídicí systém Tecomat Foxtrot od firmy Teco a.s. Centrálním modulem celého řídicího systému laboratorní jednotky je modul s označením CP-1003, který je dále popsán v kapitole 3.2.1

### 2.2.2 PLC, Programovatelný automat

Programovatelný automat (PLC – Programmable Logic Controller) je elektronický číslicový řídicí systém určený zejména k řízení procesů a strojů v průmyslu. Pomocí digitálních či analogových vstupů získává informace z jednotlivých zařízení v systému. Poté pomocí digitálních a analogových výstupů předává informace do řízeného zařízení, které následně vykonává danou činnost.

V paměti uživatelského programu PLC jsou uloženy řídicí algoritmy a uživatelský program je cyklicky vykonáván. Algoritmus je zapsán pomocí posloupnosti instrukcí, jež jsou postupně vyvolávány a vyhodnocovány centrální řídicí jednotkou programovatelného automatu. Centrální jednotka provádí s daty příslušné operace v zápisníkové paměti a zásobníku. Po vykonání všech instrukcí daného algoritmu dojde vlivem centrální jednotky k aktualizaci výstupních proměnných do výstupních periferních modulů automatu a zároveň k aktualizaci vstupních periferních modulů do zápisníkové paměti. Tento děj je označován jako cyklus programu a neustále se opakuje.

Dalším, v současné době poměrně rozšířeným využitím programovatelných automatů, je řízení tzv. *inteligentních domů*. Přičemž inteligentním domem je označována budova s propojenými systémy řízení a komunikace, energetiky, techniky prostředí, zabezpečení (bezpečnostní systém, požární ochrana) a správy budovy. Vzájemným propojením dílčích systémů (osvětlení, vytápění, bezpečnostní systém, ...) nebo jejich částí pomocí programovatelných automatů dochází k vytvoření automatického řídicího systému. [7] [8] [9]

### 2.2.3 Vlastnosti Tecomat Foxtrot

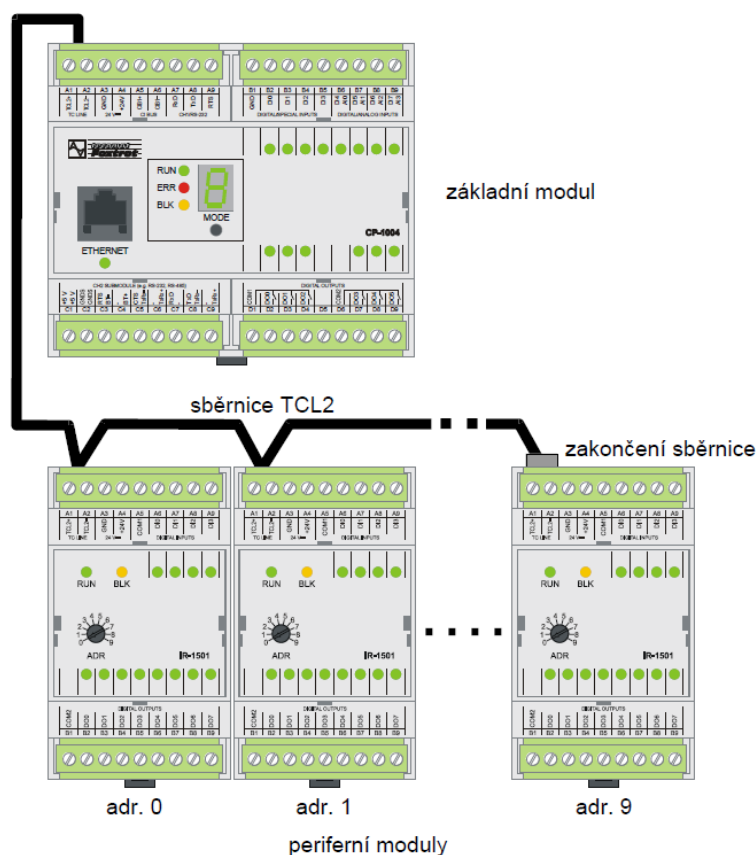
PLC Tecomat Foxtrot jsou malé kompaktní programovatelné automaty s možností modulárního rozšíření. Jsou určeny k řízení procesů v různých odvětvích průmyslu (doprava, budovy, stroje, elektrárny, čistírny odpadních vod, ...). Moduly jsou chráněny plastovými pouzdry, čímž nedochází k poškození důležitých součástí. Plastová pouzdra také umožňují montáž modulu na DIN lištu. Šířky všech modulů jsou vždy celým násobkem rozměru 17,5 mm standardně označovaného písmenem M, přičemž šířka základních modulů odpovídá hodnotám 6M nebo 9M a šířka periferních modulů odpovídá hodnotám 3M a 1M. Tecomat Foxtrot s plastovým krytím spadá do třídy ochrany II podle normy ČSN EN 61140:2003 a stupněm krytí IP20 podle normy ČSN EN 60529:1993. Jedná se o vestavné zařízení s životností cca 10 let.

Komunikace mezi jednotlivými moduly a mezi nadřazenými zařízeními je nejčastěji realizována pomocí sítě Ethernet, případně pomocí průmyslové sítě EPSNET. Jeden sériový kanál je pevně osazen rozhraním RS-232. Druhý kanál je pak osazen dle volby uživatele, přičemž je možné využít různé typy komunikací (RS-232, RS-485, RS-422, či jiné protokoly a sběrnice např. MODBUS, PROFIBUS DP, apod.). Podle typu lze dané PLC rozšířit až o další dva sériové kanály.

Systém Tecomat Foxtrot je decentralizovaný, tzn. jednotlivé moduly systému mohou být instalovány přímo u ovládaných technologií, přičemž s centrální jednotkou systému jsou spojeny pomocí sériové sběrnice. Jednou z výhod decentralizovaného systému je úspora silové kabeláže.

Celý systém Foxtrot dokáže komunikovat s počítači, které mohou být využity pro monitorování, programování a řízení celého procesu. Přičemž tento počítač může být umístěn mimo pracovní prostředí systému, např. ve velině či dispečinku. Systém může být dále ovládán pomocí webového rozhraní, je-li tomu program systému uzpůsoben. Programovacím prostředím Tecomatu Foxtrot jsou softwarové programy Mosaic či Reliance, vyvinuté právě pro systémy řady Tecomat. [8] [9]

Nejmenší možný samostatně fungující celek PLC Tecomat Foxtrot představuje základní modul. Ten obsahuje centrální jednotku a různé kombinace počtů a typů vstupů a výstupů, v závislosti na konkrétním daném modulu. Tento celek je základním modulem systému, který je možné rozšířit připojením až deseti periferních rozšiřujících modulů. Ty jsou k základnímu modulu připojeny pomocí sběrnice TCL2, přičemž poslední z těchto periferních modulů musí být ke sběrnici připojen přes zakončovací odpor 120  $\Omega$ . Každému perifernímu modulu je dále přiřazena specifická adresa 0 až 9 (viz Obrázek 2.4), pomocí které komunikují s řídicí jednotkou celého systému. [8] [9]



Obrázek 2.4: Příklad sestavy PLC Tecomat Foxtrot [8]

### 2.2.3.1 Sběrnice TCL2

Sběrnice TCL2 je systémová sběrnice programovatelného automatu Tecomat Foxtrot využívaná ke komunikaci periferních jednotek s centrálním modulem. Je založena na sériové komunikaci RS-485, přičemž u sběrnice TCL2 je využita dvou vodičová verze (kladný a záporný pól, tedy TCL2+ a TCL2-). Topologie je liniová a délka sběrnice může být až 300-400 m s odezvou do 5 ms. Na jednom konci sběrnice musí být základní modul a na druhém zakončení odporem 120  $\Omega$  nebo modul pro zakončení sběrnice TCL2 označovaný jako KB-0290, který již zakončovací odpor obsahuje. [10]

Moduly, které lze na sběrnici připojit, se dělí do několika skupin, podle nichž je možné na jednu sběrnici TCL2 připojit libovolnou kombinaci jednotek v určeném maximálním počtu podle dané skupiny:

*Tabulka 2.2: Skupiny modulů, které lze připojit na sběrnici TCL2*

Skupina modulů	počet*
Periferní	10
Komunikační	6
Externí master	4
Operátorské	4

\*Počet modulů dané skupiny, který lze ke sběrnici TCL2 připojit

### 2.2.3.2 Základní moduly Tecomat Foxtrot

Základní moduly PLC Foxtrot jsou složeny z několika částí:

- centrální jednotka s hlavním procesorem systému, dvěma sériovými kanály, rozhraním Ethernet a systémovou sběrnici TCL2 pro komunikaci s periferními moduly
- periferní část s analogovými a digitálními vstupy a výstupy pro komunikaci s ovládacími prvky a zařízeními měření a regulace
- procesor pro komunikaci na sběrnici CIB (Common Installation Bus)

Některé základní moduly jsou dále vybaveny integrovaným LCD displejem 4x20 znaků se 6 uživatelskými tlačítky a některé jsou vybaveny procesorem zajišťujícím komunikaci s bezdrátovými moduly RFox.

Kromě jiných charakteristických vlastností provádí základní moduly systému cyklické vykonávání uživatelského programu a umožňují vícesmyčkové řízení s přerušením od chybových hlášení či času. Mezi jejich další vlastnosti se pak řadí automatické rozpoznávání nastavení periferních modulů, zálohování uživatelského programu, monitorování dat, možná fixace vstupů a výstupů periferních jednotek. Dále slouží k online editaci programu za chodu, archivaci programu do paměti PLC, nebo integraci webových serverů. [8]

### 3 NÁVRH HARDWAROVÉ ČÁSTI

#### 3.1 Návrh strojů a přístrojů laboratorní jednotky

V následující tabulce jsou popsány jednotlivé stroje a přístroje, které jsou součástí laboratorní jednotky.

Tabulka 3.1: Seznam strojů a přístrojů laboratorní testovací jednotky

Stroj/přístroj	Výrobce	Typ	v.č.
Čerpadlo zubové (P1)	<b>Verder Gear</b> 171 l/h 17 bar	<b>VGS096.17-SSET-1-M</b>  <70 dB	1875195-09
	<b>Motor SEVAtec</b> 0,37 kW 220-240 V / 380-420 V 50 Hz cosφ 0,81	<b>SEV-MX711-1</b> 2 póly 1,88-1,72 A / 1,09-0,99 A IP55 max. 2375 ot/min	2018109006325
Tlakový snímač 1 (PIR1)	<b>Keyence</b> 0-100 bar	<b>GP-M100</b> Output: 4-20 mA	77810719
Tlakový snímač 2 (PIR2)	<b>Keyence</b> 0-100 bar	<b>GP-M100</b> Output: 4-20 mA	77810548
Vodivostní sonda 1 (QIR1)	<b>Smaris</b> K=0,933	<b>SV-06</b>	19021814
Vodivostní sonda 2 (QIR2)	<b>Smaris</b> K=0,938	<b>SV-06</b>	19021813
Průtokoměr (FIRC)	<b>Keyence</b> 0-30 l/min	<b>FD-Q10C</b> Output: 4-20 mA	5L812828
Napájecí zařízení	<b>Rozvaděč</b>	Skříň Famatel 500x400x175mm	Pozn. Specifikace níže

### 3.1.1 Zubové čerpadlo Verder VGS096

Zubové čerpadlo Verder je objemové samonasávací čerpadlo s vnitřním ozubením. Sestava rotoru a vloženého kola zajišťují tok kapaliny z nátoky k výtlaku čerpadla. Čerpadlo díky svému principu funkce dokáže čerpat vysoce viskózní kapaliny, jako je olej, sirupy, tuky, čokoláda, atp.

Otáčením rotoru se začne díky ozubeným kolům otáčet také vnitřní vložené ozubené kolo, v jehož zubech se posunuje čerpaný produkt. Čerpadlo zajišťuje hladký konstantní průtok kapaliny. [11]



Obrázek 3.1: Štítkové hodnoty motoru čerpadla Verder VGS096



Obrázek 3.2: Zubové čerpadlo Verder VGS096 [11]

### 3.1.2 Tlakový snímač Keyence GP-M100

Tlakový senzor Keyence GP-M100 je kapacitní tlakový snímač s rozsahem 0-100 bar. Kapacitní snímač využívá pohyblivou membránu, která působením vnějšího tlaku mění svůj průhyb. Naproti membráně uvnitř snímače je umístěna stacionární destička. Změnou polohy membrány (průhybem) dochází ke změně kapacity mezi membránou a stacionární destičkou. Tato změna kapacity je snímačem zaznamenána a vyhodnocena jako změna tlaku. Hodnoty aktuálního tlaku jsou snímačem převedeny na výstupní analogový signál 4-20 mA. [12] [13]

Pozn. Pro správné měření tlaku u navrhované laboratorní jednotky by postačil tlakový snímač s nižším měřeným rozsahem tlaku. S ohledem na tlakovou odolnost všech použitých komponent se u laboratorní jednotky očekávají tlaky max. 6 bar. Tento snímač je tedy pro navrhovanou laboratorní jednotku naddimenzovaný a v dalším postupu práce by bylo vhodné zaměnit ho za snímač s menším měřicím rozsahem. [13]



Obrázek 3.3: Tlakový snímač Keyence GP-M100 [13]

### 3.1.3 Vodivostní sonda Smaris SV-06

Vodivostní sonda určená pro průmyslové měření konduktivity je složena z polypropylenového pouzdra, v němž jsou umístěny dvě platínové elektrody. Průtokem média mezi těmito elektrodami vznikne vodivé spojení. Snímač poté vyhodnocuje změnu elektrického odporu (resp. vodivosti) mezi elektrodami. Měřený signál je přiveden k převodníku vodivosti Smaris MV1, kde je převáděn na výstupní analogový signál 4-20 mA. [14] [15]



Obrázek 3.4: Vodivostní sonda Smaris SV-06 [14]

### 3.1.4 Průtokoměr Keyence FD-Q10C

Průtokoměr Keyence FD-Q10C je ultrazvukový rychlostní průtokoměr. Jedná se o příložený průtokoměr, který umožňuje měření průtoku bez nutnosti styku s médiem.

Vyhodnocuje objemový průtok média měřením jeho rychlosti ve známém průtočném průřezu. K měření využívá Dopplerova jevu. Průtokoměr vysílá ultrazvukový signál dané frekvence, který se při průchodu médiem odráží od proudících pevných částic nebo bublin, a po odražení je opět přijímán s odlišnou frekvencí. Průtokoměr poté vyhodnocuje změnu frekvence přijatého signálu, přičemž rozdíl vysílané a přijímané frekvence je úměrný rychlosti proudění média. [16] [17]



Obrázek 3.5: Průtokoměr Keyence FD-Q10C [17]

## 3.2 Návrh rozvaděče

Výzbroj rozvaděče je specifikována v Tabulce 3.2. a dále jsou popsány jednotlivé vestavěné prvky se stručným principem jejich funkce.

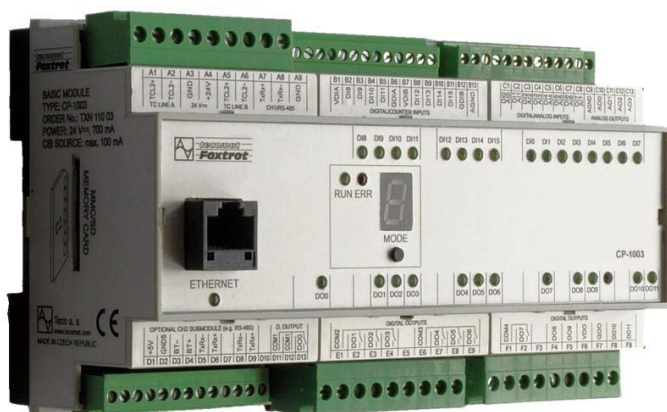
Schéma zapojení jednotlivých prvků napájecího zařízení je součástí přílohy této diplomové práce (viz. Příloha A)

Tabulka 3.2: Návrh výzbroje rozvaděče

Zařízení	Výrobce	Typ	Kapitola
PLC	Teco	CP-1003	3.2.1
Zdroj napájení	Teco	DR-60-24	3.2.2
LCD displej	Teco	ID-32	3.2.3
Proudový chránič	OEZ	OLE B16	3.2.4
Jistič 1	OEZ	LTE B10	3.2.5
Jistič 2	OEZ	LTE B4	3.2.5
Převodník (2x)	Smaris	MV1	3.2.6
Frekvenční měnič	Invertek OptiDrive	0,75kW	3.2.7
Váčkový spínač	Lovato	1P, 16 A	-

### 3.2.1 Základní modul CP-1003

CP-1003 je jedním z řady základních modulů řídicího systému PLC Tecomat Foxtrot a je složen z několika částí. První část je tvořena centrální jednotkou s hlavním procesorem, rozhraním Ethernet, systémovou sběrnici TCL2 a dvěma sériovými kanály. Druhou část základního modulu pak tvoří vestavná deska IR-1062 s digitálními a analogovými vstupy a výstupy. [18]



Obrázek 3.6: Základní modul CP-1003 Tecomat Foxtrot [18]



Tabulka 3.3: Základní parametry modulu CP-1003 [18]

Napájení modulu	24 V DC
Průřez vodiče (max.)	2,5 mm <sup>2</sup>
Rozměry modulu	158x92x63 mm ~ 9M
Umístění na DIN lištu	Ano
Počet vstupů	16
Počet volitelně binárních / pro čítače vstupů	8
Počet volitelně binárních / analogových vstupů	8
Počet tranzistorových výstupů	4
Počet reléových výstupů	8
Počet analogových výstupů	4

### 3.2.2 Napájecí zdroj DR-60-24

DR-60-24 je spínaný síťový napájecí zdroj s výstupním napětím 24 V DC a proudem 2,5 A pro napájení řídicích systémů Foxtrot bez zálohování. Zdroj je napájen z distribuční sítě 230 V AC. Zároveň splňuje požadavky na bezpečnostní transformátory a jedná se o zdroj malého bezpečného napětí (SELV). [19]



Obrázek 3.7: Napájecí zdroj DR-60-24 [19]

Tabulka 3.4: Základní parametry napájecího zdroje DR-60-24 [19]

Vstupní napětí	88 - 264 V AC
Vstupní proud	0,8 A / 230 V AC
Výstupní napětí	24 V DC
Výstupní proud (max.)	2,5 A
Celkový výstupní trvalý výkon	60 W
Rozměry modulu	78x93x56 mm ~ 4,5M
Umístění na DIN lištu	ano

### 3.2.3 Operátorský panel ID-32

ID-32 je grafický operátorský panel určený ke komunikaci s řídicími systémy Tecomat Foxtrot. Obrazovky panelu jsou vytvářeny v softwarovém prostředí Mosaic pomocí nástroje WebMaker. Tyto obrazovky jsou též dostupné přes webové rozhraní. Pomocí panelu a vhodně naprogramovaného softwaru lze laboratorní jednotku ovládat buď přímo na místě pomocí operátorského panelu nebo vzdáleně přes počítač, případně mobilní telefon či tablet přes webové rozhraní. Panel je primárně určen pro montáž do dveří rozvaděčové skříně. Má podsvícený dotykový barevný LCD displej a jeho životnost je cca 20 000 hod. [19]



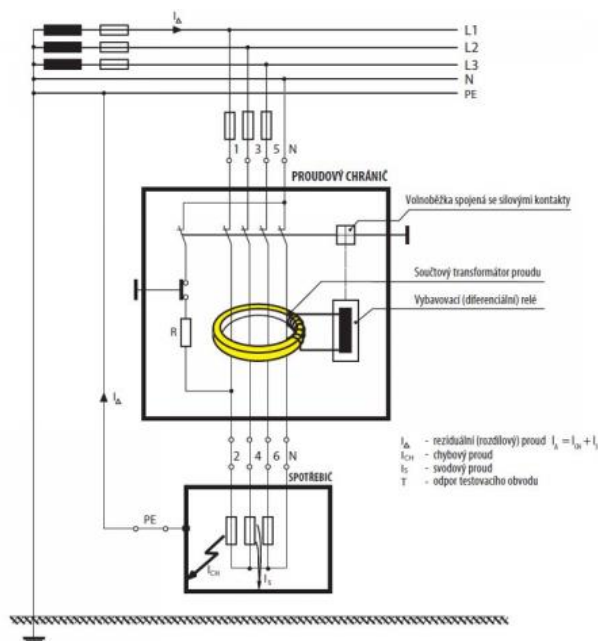
*Obrázek 3.8: Operátorský panel s dotykovým displejem ID-32 [19]*

*Tabulka 3.5: Základní parametry operátorského panelu ID-32 [19]*

Napájecí napětí	24 V DC (SELV)
Příkon (max.)	4 W
Rozměry panelu	133x91 mm
úhlopříčka displeje	4,3"
Rozlišení displeje	480x272 bodů

### 3.2.4 Proudový chránič OEZ

Proudový chránič je citlivý elektrický přístroj, který detekuje unikající proud mimo chráněný elektrický obvod, a tento obvod odpojí od zdroje napájení. Poskytuje ochranu před nebezpečným dotykem živých a neživých částí, před vznikem požáru a použitý typ OEZ OLE navíc nadproudovou ochranu. [20]



Obrázek 3.9: Princip funkce proudového chrániče a jeho základní části [20]

Je složen ze tří částí:

- Součtový transformátor proudu
  - Toroidní transformátor, jehož primární vinutí je tvořeno několika průvleky všech pracovních vodičů (L1, L2, L3, N) chráněného elektrického obvodu
- Vybavovací relé
- Spínací mechanismus

Principem funkce proudového chrániče je porovnávání proudů v pracovních vodičích. V klidovém stavu je vektorový součet okamžitých hodnot procházejících proudů nulový a tedy i indukované magnetické pole v součtovém transformátoru proudového chrániče je nulové. V sekundárním vinutí transformátoru se neindukuje žádné napětí.

Poruchou v chráněném obvodu (zemním spojením některého z pracovních vodičů) vznikne reziduální proud, který vyvolá nerovnovážný stav a vektorový součet okamžitých hodnot procházejících proudů již není nulový. Rozdíl proudů v pracovních vodičích vybudí odpovídající magnetický tok v jádru součtového transformátoru proudu. Na sekundárním vinutí proudového transformátoru se v takovém případě indukuje napětí a proud, který sepne vybavovací (chráničové) relé. Relé dále vypne spínací mechanismus a chráněný obvod odpojí od napájení. [20] [21] [22]



Obrázek 3.10: OLE Proudový chránič OEZ s nadproudovou ochranou 6 kA [23]

Tabulka 3.6: Parametry proudového chrániče OEZ OLE [23]

<b>Proudový chránič OEZ, OLE B16</b>	
Výrobce, značka	OEZ
Produktová řada	Minia OLE
Počet pólů celkem	2
Počet zabezpečených pólů	1
Jmenovité napětí	230 V
Jmenovité impulzní výdržné napětí	6 kV
Jmenovitý proud	16 A
Jmenovitý chybový (reziduální) proud	0,03 A
Jmenovitá zkratová vypínací schopnost	6 kA
Druh napětí	AC
Frekvence	50 Hz
Vypínací charakteristika	B
Šířka v počtu modulových míst	2
Stupeň krytí	IP20

### 3.2.5 Jistič OEZ

Jistič je nedestruktivní jisticí elektrický přístroj určený ke spínání a ochraně elektrických obvodů a zařízení proti nadproudům. Po vybavení je možné jej opětovně použít. Jeho funkce je zajištěna tepelnou a elektromagnetickou zkratovou spouští.

- Tepelná spoušť

Je tvořena bimetalovým páskem vloženým do proudové dráhy. Chrání zařízení a elektrický obvod proti proudovému přetížení, které je větší než jmenovitý proud. Bimetalový pásek je tvořen dvěma kovy s odlišnou tepelnou roztažností. Při průchodu proudu bimetalovým páskem se tento pásek zahřívá a vlivem různé tepelné roztažnosti spojených kovů se deformuje ohybem. Deformací poté uvolní západku vypínacího mechanismu a dojde k vybavení jističe.

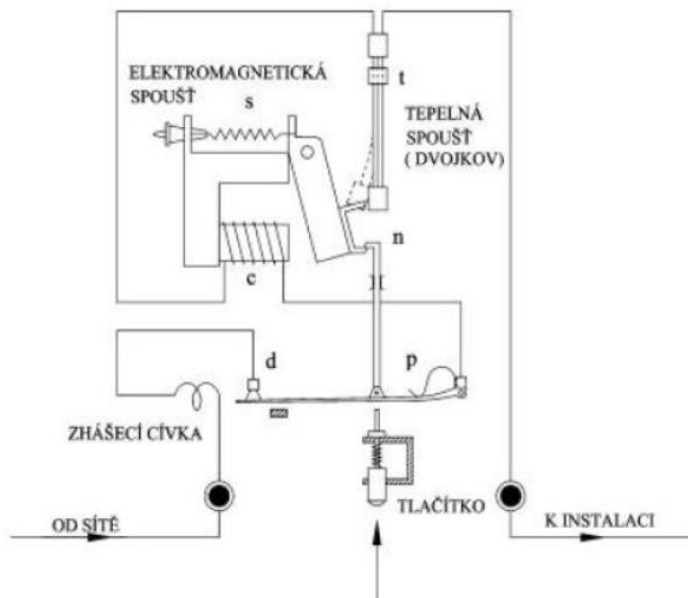
Tepelná spoušť reaguje v řádech desítek sekund až desítek minut v závislosti na velikosti nadproudu. Tyto závislosti jsou výrobcem vyobrazeny na vypínacích charakteristikách jističů.

- Elektromagnetická zkratová spoušť

Zajišťuje rychlé odpojení chráněného zařízení nebo chráněného elektrického obvodu od zdroje napájení při průchodu zkratového proudu.

Je tvořena cívkou, která je vložena do proudové dráhy. V případě, že v chráněném obvodu dojde ke zkratu, prochází cívkou zkratový proud. Kolem cívky se vytvoří elektromagnetické pole, které přitáhne kotvu vypínající jistič.

Reakce elektromagnetické zkratové spouště je v řádu desítek milisekund. [24] [25]



Obrázek 3.11: Popis principu funkce jističe [24]



Obrázek 3.12: Jistič LTE - OEZ [26]

Tabulka 3.7: Parametry jističů OEZ LTE [26] [27]

	<b>Jistič 1 - OEZ, LTE B10</b>	<b>Jistič 2 -OEZ, LTE B4</b>
Výrobce, značka	OEZ	OEZ
Produktová řada	Minia LTE	Minia LTE
Vypínací charakteristika	B	B
Počet pólů celkem	1	1
Počet zabezpečených pólů	1	1
Jmenovité napětí	230 V	230 V
Jmenovitý proud	10 A	4 A
Jmenovitá zkratová vypínací schopnost	6 kA	6 kA
Druh napětí	AC/DC	AC/DC
Frekvence	0-1000 Hz	0-1000 Hz
Šířka v počtu modulových míst	1	1
Stupeň krytí	IP20	IP20

### 3.2.6 Převodník Smaris MV1

Převodník Smaris MV1 je programovatelný mikroprocesorový převodník vodivosti kapalin. Vstupní signál je získán vodivostní sondou. V převodníku je tento vstupní signál převeden na analogový výstupní proudový signál 4-20 mA nebo na výstupní napěťový signál 0-10 V, případně 0-5 V. Zapojení vodivostní sondy k převodníku je čtyřvodičové. Převod signálu je zajištěn 16-bitovým A/D převodníkem.

Konfiguračním programem je možné v převodníku nastavit horní a dolní mez měřeného rozsahu, konstantu vodivostní sondy, atp. Dále je možné pomocí programu provádět kalibraci celého systému i sondy vodivosti samostatně. [28]



Obrázek 3.13: Převodník Smaris MV1 [28]

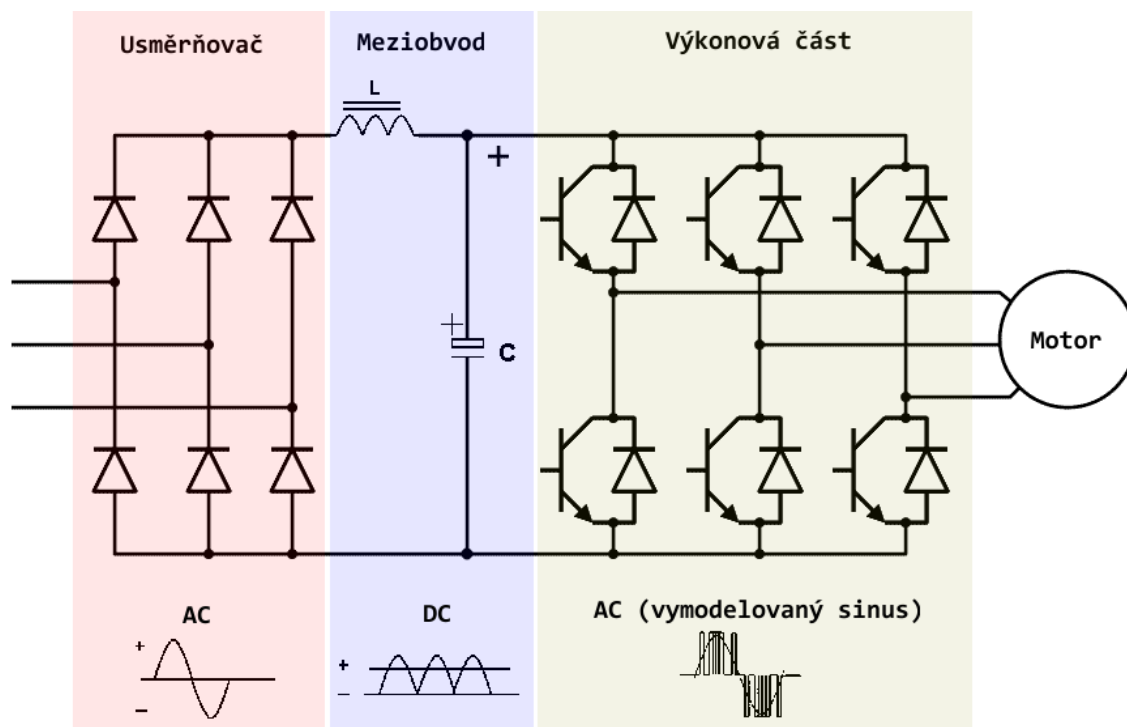
Tabulka 3.8: Parametry převodníku Smaris MV1 [28]

Převodník vodivosti Smaris MV1	
Vstupní signál	vodivostní sonda
Výstupní signál	4-20 mA (0-10 V, 0-5 V)
Napájecí napětí	9-30 VDC
Přesnost měření	<2%

### 3.2.7 Frekvenční měnič Invertek OptiDrive 0,75 kW

Frekvenční měnič je zařízení, které slouží k regulaci otáček elektromotoru pomocí změny frekvence.

Je složen ze tří základních částí (usměrňovač, meziobvod a výkonová část). Pomocí diodového usměrňovače je střídavé napájecí napětí (v případě napájecího zařízení laboratorní jednotky 230 V) převedeno na stejnosměrné napětí. Ve stejnosměrném meziobvodu je napětí filtrováno pomocí tlumivky a kondenzátoru. Výkonová část je většinou složena z šesti IGBT tranzistorů a řídicího obvodu tvořících střídač. Pomocí tranzistorů a řídicího obvodu je stejnosměrné napětí modelováno pulsně šířkovou modulací na signál reprezentující třífázové sinusové napětí s proměnným napětím a frekvencí. Na výstupu z frekvenčního měniče je poté připojen asynchronní motor, jehož otáčky jsou přímo úměrné frekvenci. [29] [30] [31]



Obrázek 3.14: Obecné blokové schéma frekvenčního měniče [29]

Frekvenční měnič Invertek umožňuje zadání několika základních hodnot a šítkových hodnot řízeného asynchronního motoru pro správnou funkci (např. maximální a minimální frekvence, rozjezdová a zpomalovací rampa, jmenovité napětí, jmenovitý proud a otáčky motoru, způsob ovládání, atp.). Po zadání těchto hodnot do paměti plní frekvenční měnič i ochrannou funkci pro připojený asynchronní motor. V případě, že dojde k výrazné odchylce od zadaných hodnot, vydá frekvenční měnič varování o jejich překročení a v případě nebezpečí toto vyhodnotí a měnič odstaví. [31]



Nevýhodou frekvenčního měniče je generování rušení a dodržení elektromagnetické kompatibility při jeho provozování. Proto je měnič Invertek dále vybaven základním integrovaným EMC filtrem pro potlačení rušení. Výhodou je naopak snadné řízení otáček, energetická úspora regulace omezení proudového nárazu při spouštění asynchronního motoru nebo možnost řízení frekvenčního měniče pomocí programovatelného automatu (PLC).



Obrázek 3.15: Frekvenční měnič Invertek OptiDrive [31]

Tabulka 3.9: Parametry frekvenčního měniče Invertek OptiDrive 0,75 kW

Frekvenční měnič Invertek OptiDrive 0,75 kW	
Typ	ODE 3-120043-1F12
Výkon	0,75 kW
Napájecí napětí	200-240 V $\pm$ 10 %
Napájecí frekvence	48-62 Hz
Počet napájecích fází	1
Výstupní napětí	0-250 V
Výstupní frekvence	0-500 Hz
Počet výstupních fází	3
Účinnost	> 98 %
Vybrané rozsahy analogových vstupů	0-10 V, 0-20 mA, 4-20 mA
Programovatelné vstupy	3xDI, 2xAI
Programovatelné výstupy	1xAO, 1xDO
Krytí	IP20

## **3.3 Laboratorní jednotka**

### **3.3.1 Základní požadavky na konstrukci laboratorní jednotky:**

- Rám z hliníkových profilů Rexroth Bosch
- Mobilní
- Vhodné rozmístění komponent technologie na přední straně laboratorní jednotky (cela membrány, čerpadlo, potrubní spojení, měření tlaků, měření vodivosti, měření průtoku)
- Skříň rozvaděče na zadní straně laboratorní jednotky
- Vhodně uspořádané kabelové propojení senzorů a čidel s rozvaděčem
- Volný přístup k rozvaděči a dotykovému řídicímu panelu
- Možnost snadné demontáže a případné výměny jednotlivých komponent

## **3.4 Schéma zapojení rozvaděče**

Elektrické schéma zapojení rozvaděče je součástí tohoto dokumentu jako *Příloha A*.

## 4 NÁVRH SOFTWAREVÉ ČÁSTI

Software pro řízení laboratorní jednotky pomocí základního řídicího modulu Tecomat Foxtrot CP-1003 je vypracován pomocí vývojového prostředí Mosaic (Teco). Umožňuje programování náročných i běžných aplikací řízení systémů Tecomat. Dále umožňuje tvorbu a odladění řídicího softwaru. Ve stejném vývojovém prostředí Mosaic je také programován řídicí dotykový panel ID-32.

Řídicí software je programován v jazyce CFC (Continuous Flow Chart – Grafické kreslení plovoucích schémat), které program Mosaic umožňuje. Tento programovací jazyk je založen na programovacím jazyku FBD (Function Block Diagram – Grafický jazyk funkčních bloků). Jedním z podstatných rozdílů oproti FBD je možnost zpětných vazeb jednotlivých funkčních bloků a jejich propojování. Programovací jazyk CFC je uživatelsky přívětivý, jednoduchý a zároveň plně funkční. [19]

### 4.1 Základní požadavky na řídicí software

- Spuštění v automatickém režimu řízení
- Spuštění v manuálním režimu řízení
- Aktuální měření všech požadovaných hodnot (průtok, vodivost 1, vodivost 2, tlak 1, tlak 2)
- Měření celkového (kumulativního) průtoku
- Zobrazení všech měřených hodnot na řídicím panelu
- Grafické zpracování měřených hodnot tlaků (tlak 1, tlak 2)
- Záznam a ukládání naměřených dat
- Regulace průtoku (regulace otáček motoru čerpadla pomocí PID regulace a frekvenčního měniče) podle požadované zadané hodnoty v procentech nebo litrech za minutu
- Kontrola maximálního havarijního tlaku a vypnutí čerpadla při překročení havarijního tlaku
- Zastavení laboratorní jednotky pomocí stop tlačítka (odpojení od zdroje pomocí stop tlačítka není umožněno)
- Vzdálený online přístup k řídicímu panelu pomocí aplikace TecoRoute

Řídicí software je vypracován pomocí jednotlivých funkčních bloků, přičemž každý z těchto funkčních bloků plní svoji funkci v souladu se základními požadavky na řídicí software.

## 4.2 Seznam vstupů a výstupů PLC

Program Mosaic umožňuje přiřazení “Aliasu“ jednotlivým vstupům a výstupům pro snazší orientaci v navrhovaném softwaru. Této možnosti je v návrhu softwaru využito a každému vstupu a výstupu je přiřazen jednoznačně odpovídající Alias podle tabulky.

Tabulka 4.1: Seznam vstupů a výstupů PLC

I/O	Alias	Zařízení	Datový typ
DI0	stop_tlac	Stop tlačítko	Bool
AI1	prutok_mA	Průtok	Real
AI2	vod1_mA	Vodivost 1	Real
AI3	vod2_mA	Vodivost 2	Real
AI4	tlak1_mA	Tlak 1	Real
AI5	tlak2_mA	Tlak 2	Real
DO0	cerpadlo	Čerpadlo (digitální výstup - spínání)	Bool
AO0	cerpadlo_napeti	Čerpadlo (analogový výstup - řízení)	Real

## 4.3 Řídicí software

### 4.3.1 Základní konfigurace PLC

V programu Mosaic je vybrán použitý základní modul CP-1003.

Manažer projektu

- Adresa PLC: 0
- Typ připojení: Simulovaný PLC
- Společná nastavení
  - Programové moduly
  - Globální volby
  - Nastavení složek
- Hw
  - Výběr řady PLC**
  - Konfigurace HW
  - Sít PLC - logické propojení
- Sw
  - Program
  - Cpm
  - Překladač
  - Exportní soubory
  - Přístupová hesla PLC
- Prostředí
  - Ovládání PLC
  - Preference
  - Volby text. editoru
  - Barvy textového editoru
  - Doplňování kódu
  - Konfigurace HW souborů
- Dokumentace
  - Informace o použitém HW
  - Informace o nastavení HW
  - Informace o síti
  - Informace o regulátorech

Použít

☒ Vytvářet konfigur. soubor PLC
 ☐ Konfiguraci nelze měnit
 ☐ Pro tento projekt potlačit obsluhu IO modulů

Základní výběr řídicího systému  
☒ modulární systém
 ☐ kompaktní systém
 ☐ regulační systém

Výběr řady PLC

Centrála	Stručný popis jednotky	Objednací číslo
CP-1000	řada K, 192kB+64kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 4x DI/AI, 2xDO, 2xAO	TXN 110 00
CP-1001	řada L, 384kB+192kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 4x DI/AI, 2xDO, 2xAO	TXN 110 01
<b>CP-1003</b>	<b>řada L, 384kB+192kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 8x DI/AI, 8xDI, 12xDO, 4xAO, 4xPWM, HSC/I</b>	<b>TXN 110 03</b>
CP-1004	řada K, 192kB+64kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 8xDI, 6xDO, 4xAI, IRC, CNTR	TXN 110 04
CP-1005	řada K, 192kB+64kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 6xDI/AI, 2xAO, 6xDO	TXN 110 05
CP-1006	řada K, 192kB+64kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 13x DI/AI, 2x DI, 12x DO, 2x AO, CNTR	TXN 110 06
CP-1008	řada K, 192kB+64kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 10xDI/AI, 1xDI, 2xAI, 1xTI, 11xDO, 4xAO	TXN 110 08
CP-1013	řada L, 384kB+192kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 8x DI/AI, 8xDI, 12xDO, 4xAO, 4xPWM, HSC/I	TXN 110 13
CP-1014	řada K, 192kB+64kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 8xDI, 6xDO, 4xAI, IRC, CNTR, displej 4x20, 6 tl	TXN 110 14
CP-1015	řada K, 192kB+64kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 6xDI/AI, 2xAO, 6xDO, displej 4x20, 6 tlačítek	TXN 110 15
CP-1016	řada K, 192kB+64kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 13x DI/AI, 2x DI, 12x DO, 2x AO, CNTR, displej	TXN 110 16
CP-1018	řada K, 192kB+64kB RAM, SCH, ETH, webserver, vnitřní periferie 10xDI/AI, 1xDI, 2xAI, 1xTI, 11xDO, 4xAO, displ	TXN 110 18

Obrázek 4.1: Mosaic - Výběr řady PLC

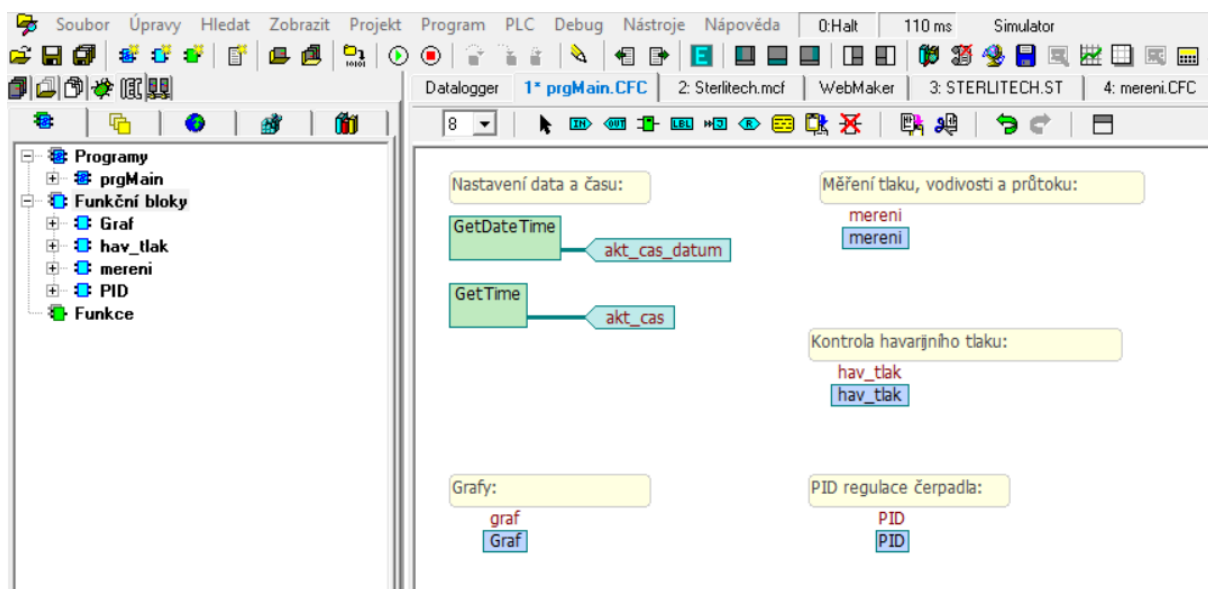
Pomocí *Nastavení V/V* jsou dále specifikovány jednotlivé vstupy a výstupy a jim přiřazené Aliasy dle Tabulky 4.1. Zároveň je zde deklarován datový typ každé proměnné (Aliasu).

Nastavení V/V				
IEC				
RMT				
0 CP-1003 3 IR-1062				
Struktura dat	IR-1062	Alias	Svorka	Abs./délka
DI : TBIN_16DI				
DI0 : BOOL	<input type="checkbox"/> (PUBLIC)	stop_tlac	C1	%%X20.0
DI1 : BOOL			C2	%%X20.1
DI2 : BOOL			C3	%%X20.2
DI3 : BOOL			C4	%%X20.3
DI4 : BOOL			C5	%%X20.4
DI5 : BOOL			C6	%%X20.5
DI6 : BOOL			C7	%%X20.6
DI7 : BOOL			C8	%%X20.7
DI8 : BOOL			B2	%%X21.0
DI9 : BOOL			B3	%%X21.1
DI10 : BOOL			B4	%%X21.2
DI11 : BOOL			B5	%%X21.3
DI12 : BOOL			B8	%%X21.4
DI13 : BOOL			B9	%%X21.5
DI14 : BOOL			B10	%%X21.6
DI15 : BOOL			B11	%%X21.7
DIP : TBIN_16DIP				%%X22 / 2
CNT_IN1 : TCNTF_IN				%%X24 / 10
CNT_IN2 : TCNTF_IN				%%X34 / 10
AI0 : TAI			C1	%%X44 / 12
AI1 : TAI			C2	
STAT : TAIStat				%%X56 / 2
FS : INT				%%XW58
ENG : REAL	<input type="checkbox"/> (PUBLIC)	prutok_mA		%%XF60
PCT : REAL				%%XF64
AI2 : TAI			C3	
STAT : TAIStat				%%X68 / 2
FS : INT				%%XW70
ENG : REAL	<input type="checkbox"/> (PUBLIC)	vod1_mA		%%XF72
PCT : REAL				%%XF76
AI3 : TAI			C4	
STAT : TAIStat				%%X80 / 2
FS : INT				%%XW82
ENG : REAL	<input type="checkbox"/> (PUBLIC)	vod2_mA		%%XF84
PCT : REAL				%%XF88
AI4 : TAI			C5	
STAT : TAIStat				%%X92 / 2
FS : INT				%%XW94
ENG : REAL	<input type="checkbox"/> (PUBLIC)	tlak1_mA		%%XF96
PCT : REAL				%%XF100
AI5 : TAI			C6	
STAT : TAIStat				%%X104 / 2
FS : INT				%%XW106
ENG : REAL	<input type="checkbox"/> (PUBLIC)	tlak2_mA		%%XF108
PCT : REAL				%%XF112
AI6 : TAI			C7	%%X116 / 12
AI7 : TAI			C8	%%X128 / 12
DO : TBIN_12DOIR				
D00 : BOOL	<input type="checkbox"/> (PUBLIC)	cerpadlo	D13	%%Y4.0
D01 : BOOL			E2	%%Y4.1
D02 : BOOL			E3	%%Y4.2
D03 : BOOL			E4	%%Y4.3
D04 : BOOL			E7	%%Y4.4
D05 : BOOL			E8	%%Y4.5
D06 : BOOL			E9	%%Y4.6
D07 : BOOL			F2	%%Y4.7
D08 : BOOL			F4	%%Y5.0
D09 : BOOL			F5	%%Y5.1
D010 : BOOL			F8	%%Y5.2
D011 : BOOL			F9	%%Y5.3
ENA : BOOL				%%Y5.6
ENB : BOOL				%%Y5.7
CNT_OUT1 : TCNTF2_OUT				%%Y6 / 10
CNT_OUT2 : TCNTF2_OUT				%%Y16 / 10
A00 : TAO_TC6			C10	
FS : INT				%%YW26
ENG : REAL	<input type="checkbox"/> (PUBLIC)	cerpadlo_nape		%%YF28
PCT : REAL				%%YF32
A01 : TAO_TC6			C11	%%Y36 / 10
A02 : TAO_TC6			C12	%%Y46 / 10
A03 : TAO_TC6			C13	%%Y56 / 10
PWM8 : TPWM			F4	%%Y66 / 6
PWM9 : TPWM			F5	%%Y72 / 6
PWM10 : TPWM			F8	%%Y78 / 6
PWM11 : TPWM			F9	%%Y84 / 6

Obrázek 4.2: Mosaic - Nastavení vstupů a výstupů PLC

### 4.3.2 Hlavní program (Main Program)

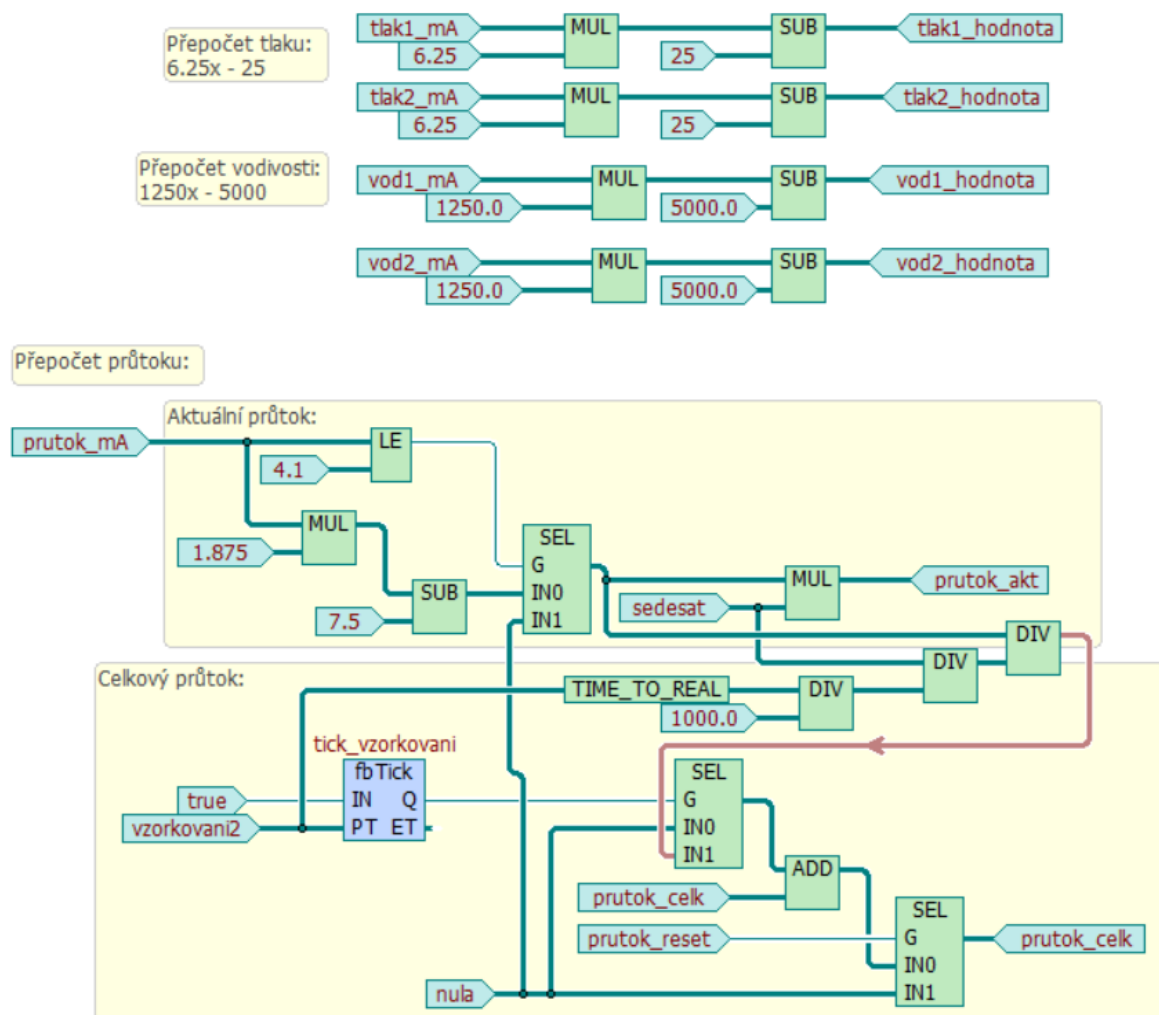
V hlavním okně programu (*prgMain.CFC*) jsou dále deklarovány a volány jednotlivé funkční bloky, z nichž každý plní svoji konkrétní funkci. Tyto funkční bloky jsou volány při každém cyklu, který PLC vykonává. Funkce *GetDateTime* a *GetTime* a jim příslušné proměnné jsou funkce pro čtení aktuálního data a času. Tyto proměnné jsou poté volány v grafickém zobrazení na ovládacím panelu.



Obrázek 4.3: Mosaic - Hlavní program

### 4.3.3 Přepočet měřených hodnot

Funkční blok “*mereni*” umožňuje přepočet vstupních reálných hodnot (4-20 mA) získaných z jednotlivých senzorů na reálné výstupní proměnné hodnoty, které jsou posléze přiřazeny grafickým výstupům na ovládacím panelu. Přepočet těchto hodnot je řešen pomocí rovnice přímky, která je pro každý měřený rozsah jiná (viz. Obrázek 4.5).



Obrázek 4.4: Mosaic - Funkční blok “*mereni*” pro přepočet měřených veličin

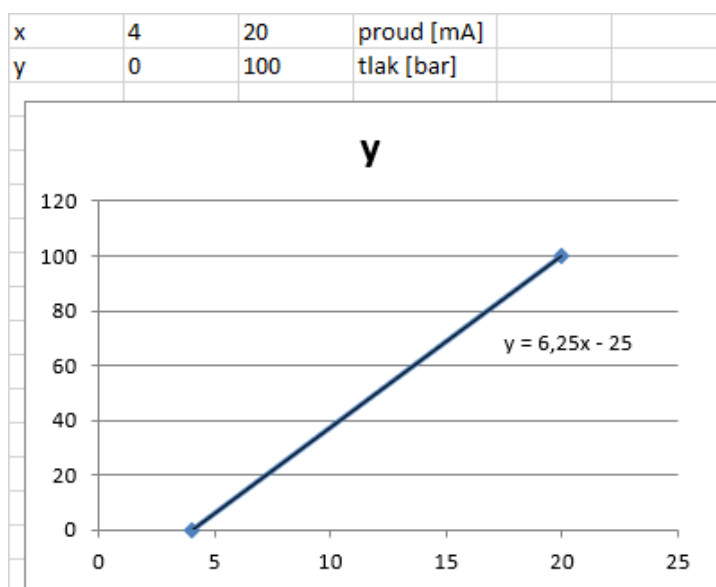
Přepočet aktuálního průtoku (horní část funkčního bloku) také obsahuje rovnici přímky ( $y = 1,875 - 7,5$  pro rozsah měření 0-30 l/min). Oproti přepočtu tlaku a vodivosti je zde ale navíc přidána podmínka pro minimální hodnotu průtoku odpovídající analogovému signálu 4,1 mA z průtokoměru, při jehož překročení začne program přepočet průtoku provádět. Dokud hodnota signálu nepřekročí 4,1 mA (tzn. dokud snímač nedetekuje průtok), tak přepočet neprobíhá a na výstupu přepočtu je aktuální hodnota průtoku nulová. Je to z důvodu pasivní ochrany čerpadla proti chodu na sucho. Zároveň je výstupní hodnota průtoku převedena z jednotek l/min na jednotky l/hod.

Dále tento přepočít průtoku obsahuje kumulativní výpočet celkového průtoku (spodní část funkčního bloku), kdy každou vteřinu (*fbTick* – *vzorkovani*) přičte aktuální hodnotu k celkové hodnotě průtoku. Je zde přidána i možnost vynulování celkového průtoku po stisknutí tlačítka *Reset* na ovládacím panelu.

Rovnice přímky měření tlaku v rozsahu 0-100 bar (tomuto rozsahu odpovídá také výstupní signál 4-20 mA z tlakoměru) je  $y = 6,25x - 25$ .

Např.: Tlaku 7 bar tedy odpovídá proudová analogová výstupní hodnota tlakoměru 5,12 mA a naopak.

Podobně je pomocí rovnice přímky řešeno i měření vodivosti a průtoku.

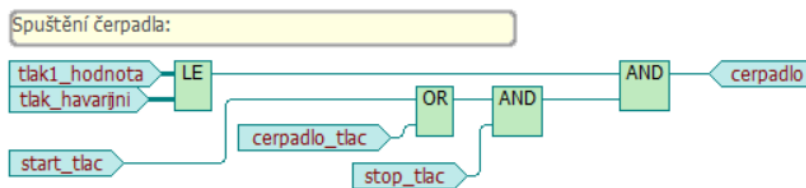


Obrázek 4.5: Rovnice přímky pro přepočít měřených veličin



#### 4.3.4 Havarijní tlak

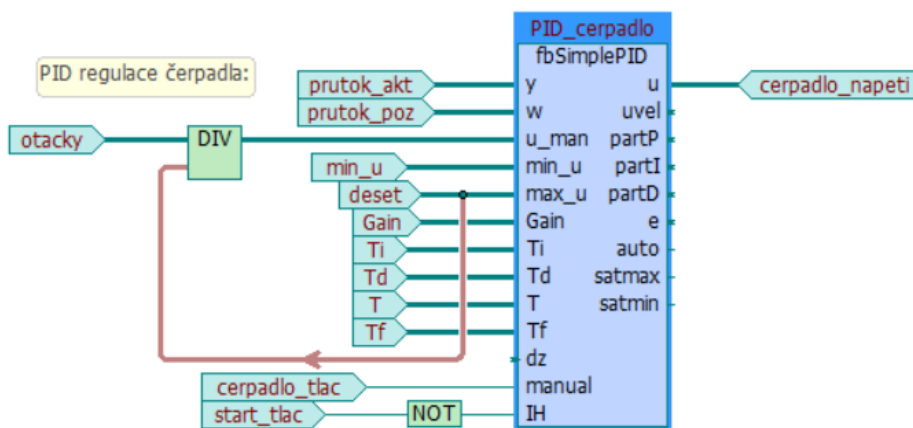
Blok “*hav\_tlak*” je funkční blok obsahující podmínky booleovské logiky pro rozběh čerpadla. Při překročení havarijního tlaku, který se zadává prostřednictvím ovládacího panelu, vypne spínaný výstupní kontakt PLC pro čerpadlo. Zároveň je zde možnost manuálního a automatického režimu pomocí tlačítek z ovládacího panelu (*start\_tlac* pro automatický režim a *cerpadlo\_tlac* pro manuální režim). Celému bloku je nadřazena funkce stop tlačítka, které opět pomocí spínaného výstupního kontaktu PLC čerpadlo manuálně vypne.



Obrázek 4.6: Mosaic - Funkční blok “*hav\_tlak*” pro kontrolu havarijního tlaku

#### 4.3.5 PID regulace čerpadla

V knihovních funkcích vývojového prostředí Mosaic se nachází funkce pro PID regulaci. V programu je této funkci využito pro řízení čerpadla. PID regulace je samostatný funkční blok *fbSimplePID* s několika vstupními a výstupními proměnnými.



Obrázek 4.7: Mosaic - Funkční blok “*PID*” pro PID regulaci čerpadla

Vstupní proměnné pro PID regulaci čerpadla:

- $y \sim \text{prutok\_akt}$  – aktuální měřená hodnota průtoku systémem
- $w \sim \text{prutok\_poz}$  – požadovaná hodnota průtoku systémem
- $u_{\text{man}} \sim \text{otacky}$  – požadovaná hodnota analogového výstupního signálu z PLC v rozsahu 0-10 V přivedena na vstupní svorky frekvenčního měniče
- $\min_u \sim \min_u$  – minimální možná hodnota analogového výstupního signálu z PLC v rozsahu 0-10 V přivedena na vstupní svorky frekvenčního měniče
- $\max_u \sim \text{deset}$  – maximální možná hodnota analogového výstupního signálu z PLC v rozsahu 0-10 V přivedena na vstupní svorky frekvenčního měniče
- $\text{Gain} \sim \text{Gain}$  – zesílení PID regulátoru
- $T_i \sim T_i$  – integrační časová konstanta
- $T_d \sim T_d$  – derivační časová konstanta
- $T \sim T$  – vzorkovací perioda regulátoru
- $T_f \sim T_f$  – časová konstanta filtrace derivační složky
- $\text{manual} \sim \text{cerpadlo\_tlac}$  – tlačítko na ovládacím panelu pro rozběh čerpadla v manuálním režimu
- $IH \sim \text{start\_tlac}$  – pozastavení integrace, tlačítko na ovládacím panelu pro rozběh čerpadla v automatickém režimu

Výstupní proměnné pro PID regulaci čerpadla:

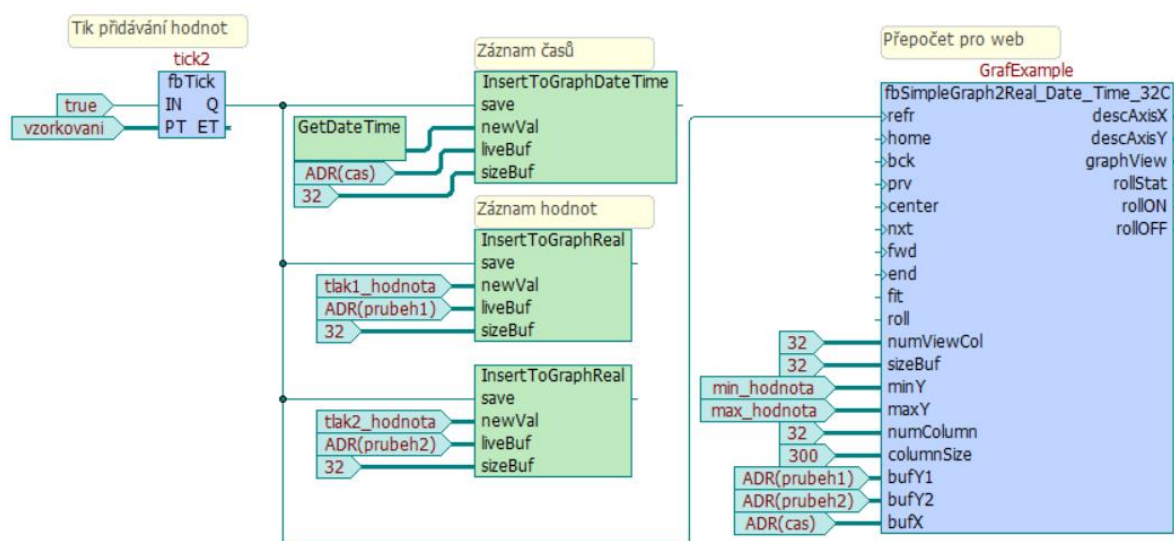
- $u \sim \text{cerpadlo\_napeti}$  – výstupní analogová hodnota řídicího signálu 0-10 V přivedena na vstupní svorky frekvenčního měniče
- dále je možno na výstupu regulátoru odečítat některé přidané hodnoty a hodnoty jednotlivých částí PID regulátoru (proporcionální –  $\text{partP}$ , integrační –  $\text{partI}$ , derivační –  $\text{partD}$ ) pro zpětnou vazbu PID regulátoru, ale této možnosti zde není využito

Knihovní funkční blok PID regulátoru funguje tak, že v zadané vzorkovací periodě  $T$  odečte aktuální měřenou hodnotu  $y$ , porovná ji s požadovanou hodnotou  $w$  a vyhodnotí. V případě, že aktuální měřená hodnota nedosahuje požadované hodnoty, zvýší výstupní analogový signál  $u$  dle zadaných parametrů jednotlivých složek PID regulátoru  $\text{Gain}$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ,  $T_f$ . V případě, že aktuální měřená hodnota překračuje požadované hodnoty, naopak sníží výstupní analogový signál  $u$  dle zadaných parametrů PID regulátoru. Vhodnou volbou jednotlivých konstant PID regulace lze dosáhnout optimální regulace.

Konstanty PID regulace lze vypočítat pomocí známých empirických vztahů. Některé řídicí systémy a frekvenční měniče umožňují automatické nastavení těchto konstant pomocí tzv. *auto-tuningu*. V této diplomové práci je umožněno manuální zadávání jednotlivých konstant uživatelem prostřednictvím ovládacího panelu v dialogovém okně *PID*, výpočet nebo *auto-tuning* tedy není nutný.

### 4.3.6 Grafické zobrazení tlaku

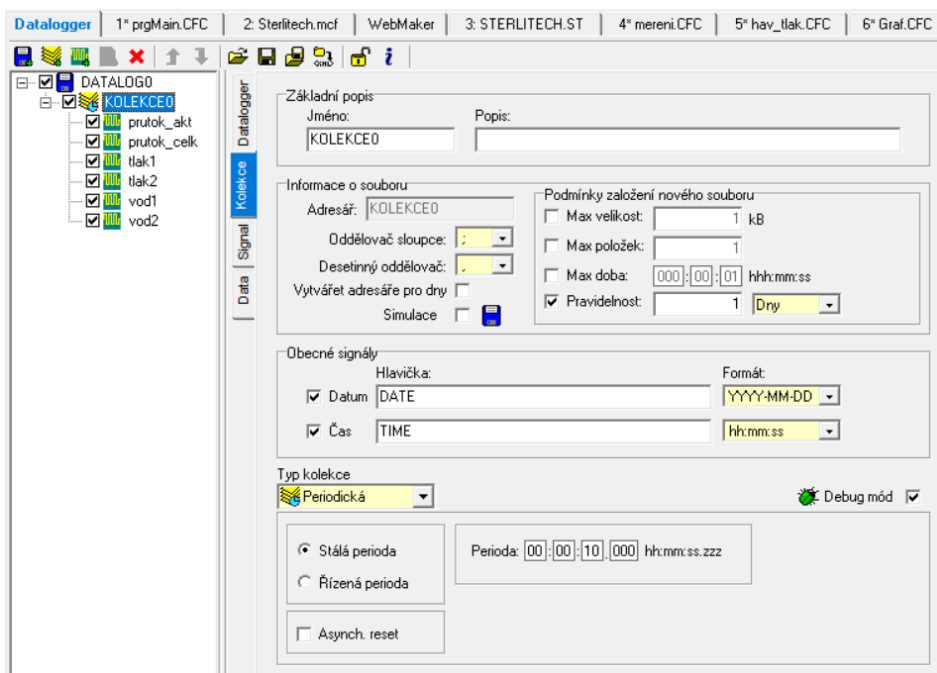
Odečítání aktuálních měřených hodnot tlaků je realizováno pomocí funkčního bloku “*Graf*”. Ten obsahuje knihovni funkční blok a funkce pro grafické zobrazení hodnot. Na vstupu bloku *Graf* je zadána požadovaná vzorkovací perioda *vzorkovani* (opět je možná její inicializace prostřednictvím ovládacího panelu) a vzorkování je realizováno pomocí knihovni funkčního bloku *fbTick*. V prostřední části bloku probíhá odečítání a ukládání aktuálních hodnot v každém požadovaném časovém intervalu do mezipaměti PLC. V pravé části bloku jsou pak tyto hodnoty volány a přiřazovány jednotlivým vstupům grafu. Celý graf je poté vyobrazen v samostatném okně ovládacího panelu *Graf*.



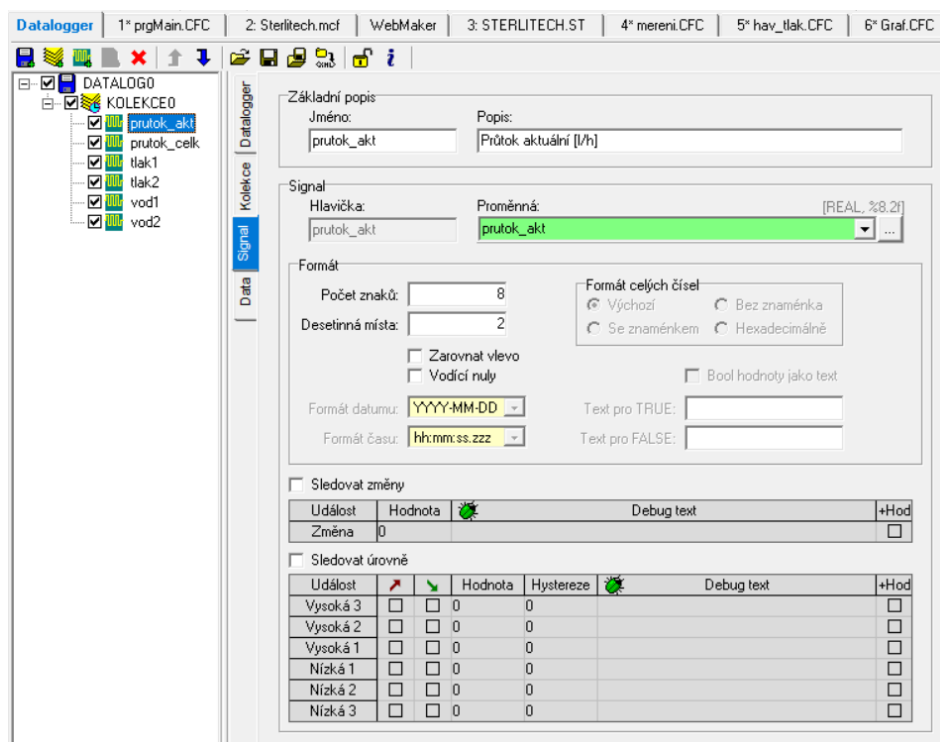
Obrázek 4.8: Mosaic - Funkční blok “*Graf*” pro grafické zobrazení měřených hodnot

### 4.3.7 Ukládání naměřených dat

Ukládání naměřených dat je realizováno pomocí *Dataloggeru* v prostředí Mosaic. Zde je nastaveno periodické ukládání souborů dat jednou denně ve formátu excelu .xlsx pod názvem data a času aktuálního dne. Soubor poté obsahuje jednotnou hlavičku s jednoznačnými identifikačními iniciály konkrétního PLC a názvy jednotlivých měřených veličin.



Obrázek 4.9: Mosaic - Nastavení kolekce Dataloggeru



Obrázek 4.10: Nastavení signálu tlaku Dataloggeru

#### 4.3.8 Vzdálený přístup

Vzdálený přístup k ovládání laboratorní jednotky je realizován prostřednictvím služby TecoRoute, která slouží ke vzdálené správě PLC Tecomat přes internet. Jedinou podmínkou této služby je přístup daného PLC k internetu. Ten je zajištěn přiřazením modemu se SIM kartou s datovým přenosem k laboratorní jednotce. V případě, že je v lokalitě možnost připojení k internetu, není SIM karta s datovým přenosem třeba.

Samotný vzdálený přístup je nastaven v možnostech PLC, které je přihlášeno ke službě TecoRoute. Prostřednictvím vývojového prostředí Mosaic lze software v PLC vzdáleně upravovat a přepisovat. Pro vzdálené ovládání laboratorní jednotky potom postačí webový prohlížeč, kdy po přihlášení ke službě TecoRoute a zadání přístupových hesel dojde ke spojení s PLC.

Přítomnost modemu umožňuje také vzdálené ovládání laboratorní jednotky v dosahu jeho signálu, a to připojením k bezdrátové wi-fi síti a zadáním IP adresy PLC do adresního řádku prohlížeče.

Je tak umožněn přístup k veškerým datům jak z ovládacího panelu, tak i ze samotného řídicího systému.

### 4.3.9 Ovládací panel

Jednotlivé obrazovky na ovládacím panelu jsou opět vytvořeny pomocí vývojového prostředí Mosaic. Na každé obrazovce jsou zadávací pole pro zadávání požadovaných hodnot. Zároveň jsou zde pole pro zobrazování měřených hodnot. Dále je na obrazovkách vizualizace chodu čerpadla a laboratorní jednotky. Všechna zadávací pole a tlačítka pro obsluhu ovládacího panelu jsou propojena s příslušnými proměnnými, které jsou deklarovány v programu PLC dle předchozích kapitol.

Přes proklik buněk umístěných v hlavičkách jednotlivých obrazovek je možné mezi těmito obrazovkami listovat.

#### 4.3.9.1 Měření veličiny

Na této obrazovce jsou umístěna zadávací pole pro vizualizaci aktuálních měřených veličin průtoku, tlaků, vodivosti a celkového průtoku. Tlačítko *reset* pak slouží k vynulování celkového průtoku. Dále je zde umístěno zadávací pole pro zadání požadovaného průtoku systémem. V poli *Havarijní tlak* lze nastavit maximální možný tlak, při kterém může být systém ještě v chodu. Při překročení této zadané hodnoty dojde k automatickému vypnutí čerpadla. Tato možnost je zde z důvodu různých tlakových odolností jednotlivých částí systému, aby nedošlo k jejich poškození nebo zničení. Proklikem přes statický text *DATA* je zde umístěn přístup k dataloggeru a do něj ukládaným hodnotám. Tlačítko *START/STOP* potom slouží k zapnutí a vypnutí automatického režimu laboratorní jednotky, kdy je čerpadlo řízeno požadovaným průtokem. Největší zadávací pole v horní části obrazovky slouží pro vizualizaci aktuálního data a času.

Měřené veličiny    Manuál    Graf    PID    Asio®

0.    DATA    ULOŽ

START/STOP

Havarijní tlak

0. >

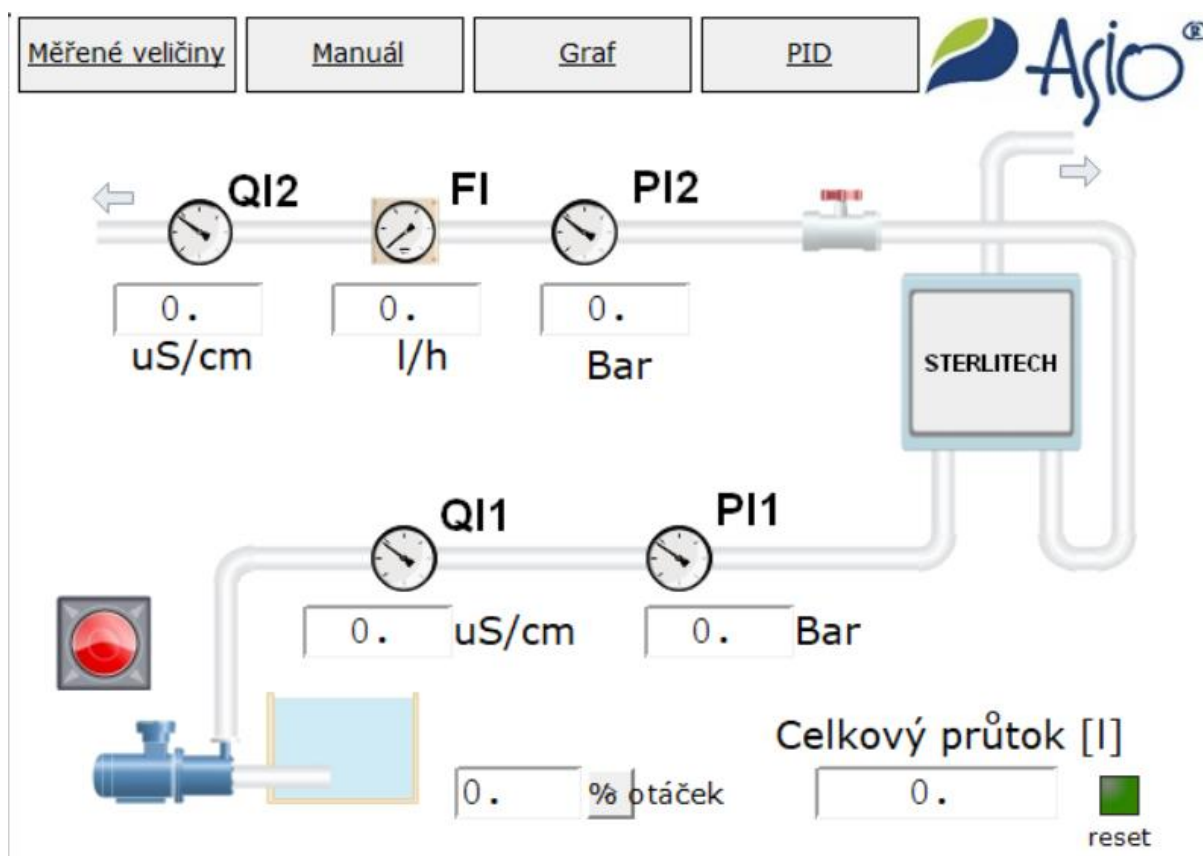
Průtok l/h

Tlak 1	0.	Bar	Bar	Vstupní
Tlak 2	0.	Bar	Požadovaný	0. >
Vodivost 1	0.	uS/cm	Aktuální	0.
Vodivost 2	0.	uS/cm	Celkový	0.    reset

Obrázek 4.11: Ovládací panel - Obrazovka Měření veličin

#### 4.3.9.2 Manuál

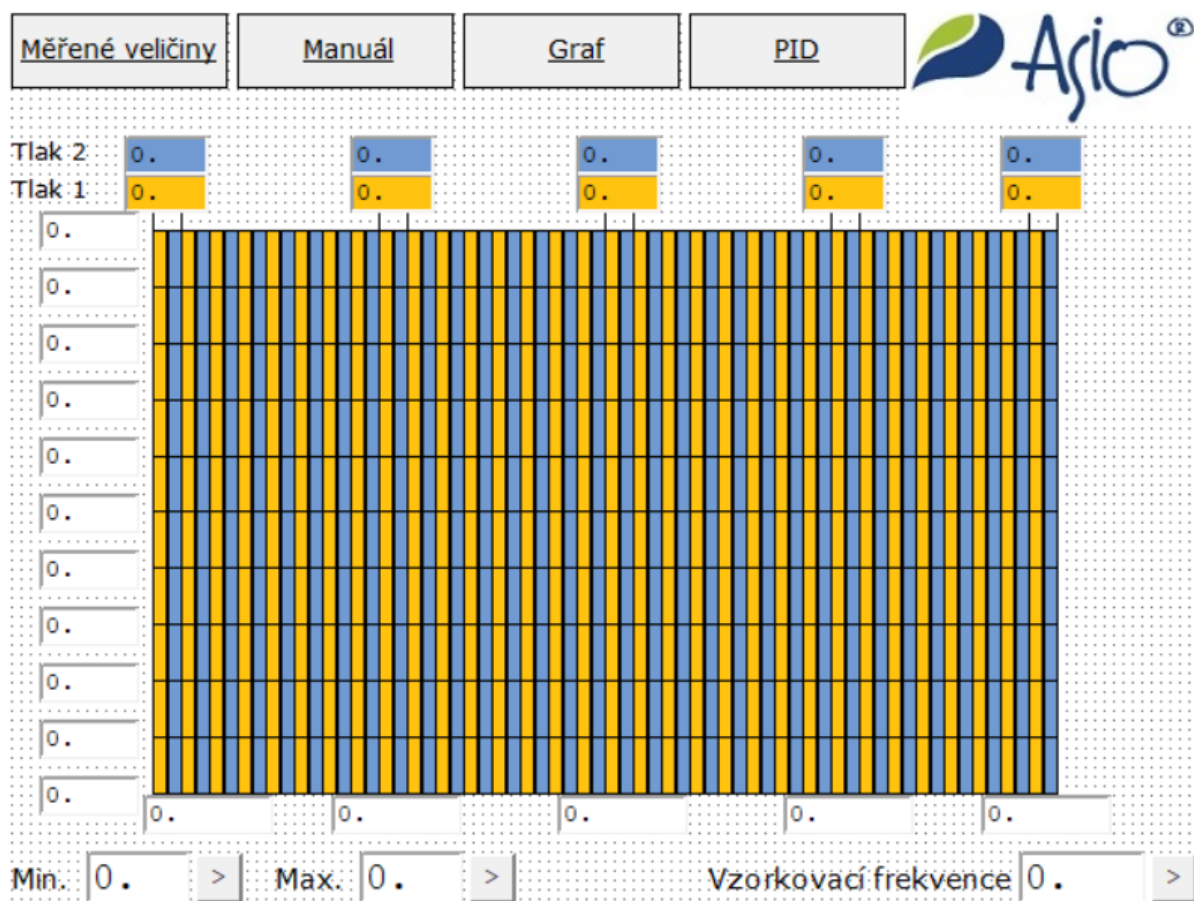
Obrazovka *Manuál* slouží k manuálnímu ovládání laboratorní jednotky. Na pozadí je umístěn ilustrační obrázek technologického schématu laboratorní jednotky. Do něj jsou vložena jednotlivá zadávací pole zobrazující aktuální měřené hodnoty a celková kumulativní hodnota průtoku s možností vynulování pomocí tlačítka *Reset*, podobně jako na obrazovce *Měřené veličiny*. Je zde možnost zadání požadovaného výkonu čerpadla v procentech a tlačítko pro spuštění čerpadla v manuálním režimu.



Obrázek 4.12: Ovládací panel - Obrazovka Manuální režimu

### 4.3.9.3 Graf

Obrazovka *Graf* slouží k vizualizaci aktuálních měřených hodnot tlaků. Jedná se o sloupcový graf závislosti tlaku v reálném čase. Zde jsou možnosti volby minimální a maximální hodnoty zobrazované hodnoty tlaku na ose y. Dále pak deklarace vzorkovací frekvence pro stanovení časového intervalu odečítání aktuálních měřených hodnot tlaků. Vizualizace sloupcového grafu je spojena s programem pomocí funkčního bloku *Graf* a pomocí přiřazených proměnných.

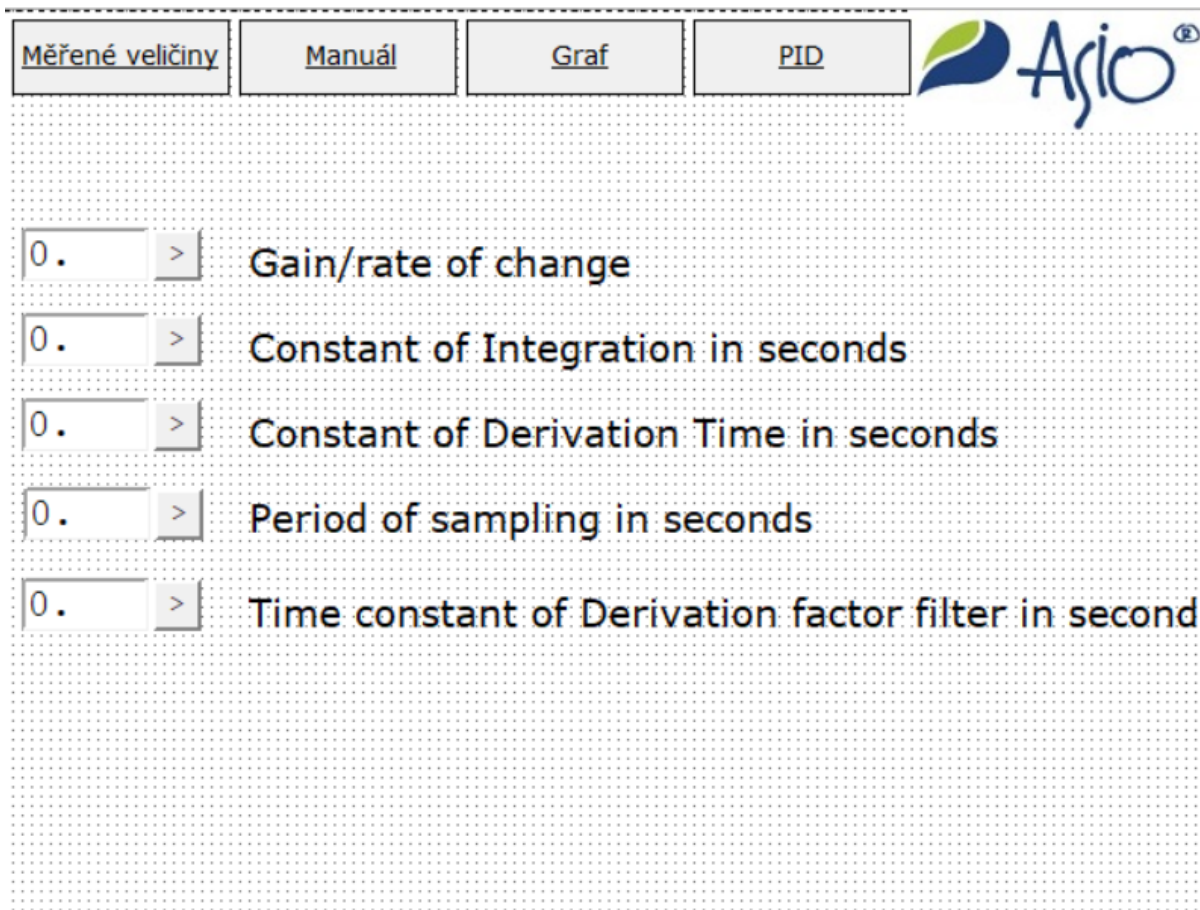


Obrázek 4.13: Ovládací panel - Obrazovka Grafu



#### 4.3.9.4 PID

Poslední obrazovka ovládacího panelu umožňuje zadání jednotlivých konstant PID regulátoru pomocí zadávacích polí. Tato pole jsou softwarově spojena proměnnými s funkčním blokem PID. Zadáním těchto konstant prostřednictvím ovládacího panelu lze měnit charakteristiky PID regulace čerpadla.



The screenshot displays the PID control panel interface. At the top, there is a navigation bar with four buttons: "Měřené veličiny", "Manuál", "Graf", and "PID". To the right of these buttons is the "Aqio" logo. Below the navigation bar, there are five rows, each containing an input field with a decimal point and a greater-than sign button, followed by a descriptive label for the PID constant.

Input Field	Description
0.	Gain/rate of change
0.	Constant of Integration in seconds
0.	Constant of Derivation Time in seconds
0.	Period of sampling in seconds
0.	Time constant of Derivation factor filter in second

Obrázek 4.14: Ovládací panel - Obrazovka nastavení konstant PID regulace čerpadla

## 5 REALIZACE JEDNOTKY

Laboratorní jednotka je složena z jednotlivých komponent popsaných v předchozích kapitolách umístěných na hliníkovém rámu Rexroth Bosch.

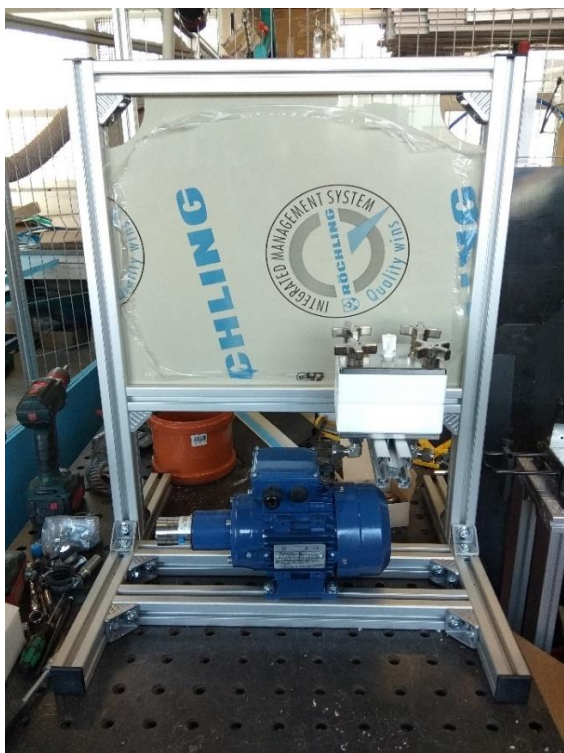
Rozměry laboratorní jednotky jsou 750 x 585 x 510 mm (V x Š x H).

Na přední straně jednotky jsou na polypropylenové desce připevněny senzory pro měření průtoku, vodivosti a tlaků. Na podstavě rámu je potom ve vodorovné poloze umístěno čerpadlo. Nad čerpadlem je na nosné konstrukci upevněna samotná membránová cela. Všechny části jednotky jsou spojeny pomocí hadiček do potrubního systému dle technologického schématu laboratorní jednotky.

Na zadní straně laboratorní jednotky je pak umístěn rozvaděč. Skříň rozvaděče je celoplastová a má rozměry 500 x 400 x 175 mm (V x Š x H). Na dveřích skříně je umístěn dotykový ovládací panel ID-32. Na pravém boku skříně je vačkový spínač QM1 pro zapnutí přívodu napájení. Nad vačkovým spínačem je umístěno stop tlačítko, které slouží k zastavení celého řídicího systému, nikoliv pro odpojení od zdroje napájení. Na levé straně skříně je poté umístěna externí zásuvka 230 V pro možnost připojení přídatného zařízení (např. externí dávkovací čerpadlo, napájení notebooku, mobilního telefonu, atp.). Přívod napájení je řešen flexo šňůrou 3 x 2,5 mm<sup>2</sup>, 230 V, max. 16 A, o délce 3 metry.

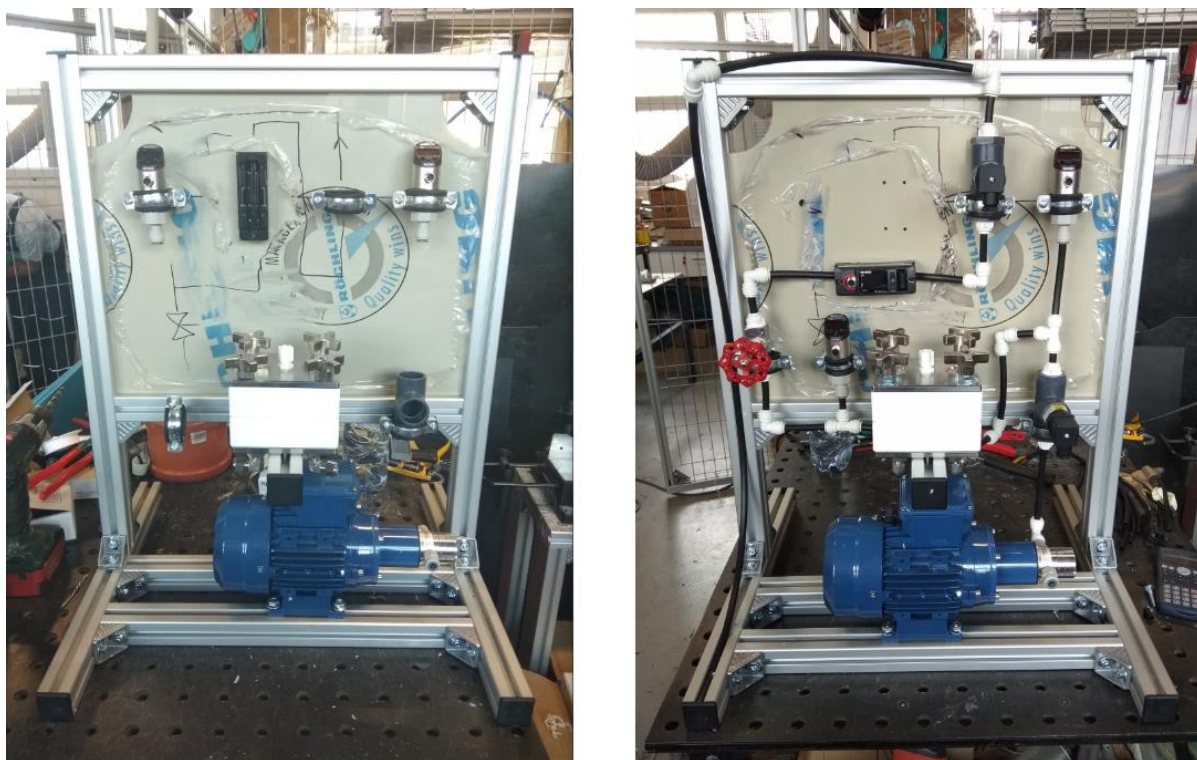
### 5.1 Konstrukční část

V první fázi výstavby laboratorní jednotky byl sestaven rám z profilů Rexroth Bosch a dodávaného příslušenství. Na rám byly na přední části jednotky připevněny hlavní komponenty laboratorní jednotky (čerpadlo a membránová cela Sterlitech).



Obrázek 5.1: Realizace jednotky - Rámová konstrukce

Následně byly na rám uchyceny měřicí prvky a regulační armatura (škrticí ventil). Rozmístění jednotlivých komponent bylo voleno tak, aby byly potrubní trasy co nejkratší, a aby bylo v budoucnu možné provádět opravy, úpravy a demontáže všech částí laboratorní jednotky, a zároveň byly splněny požadavky montáže jednotlivých prvků dle výrobce. Dále byly všechny prvky laboratorní jednotky pospojovány potrubními hadičkami dle technologických požadavků a technologického schématu.



Obrázek 5.2: Realizace jednotky - Rozmístění komponent

V zadní části laboratorní jednotky byla umístěna rozvaděčová skříň tak, aby k ní byl umožněn snadný přístup. Ke stěnám skříň již byly pevně nainstalovány příslušné prvky (ovládací panel, zásuvka, vačkový spínač, stop tlačítko).



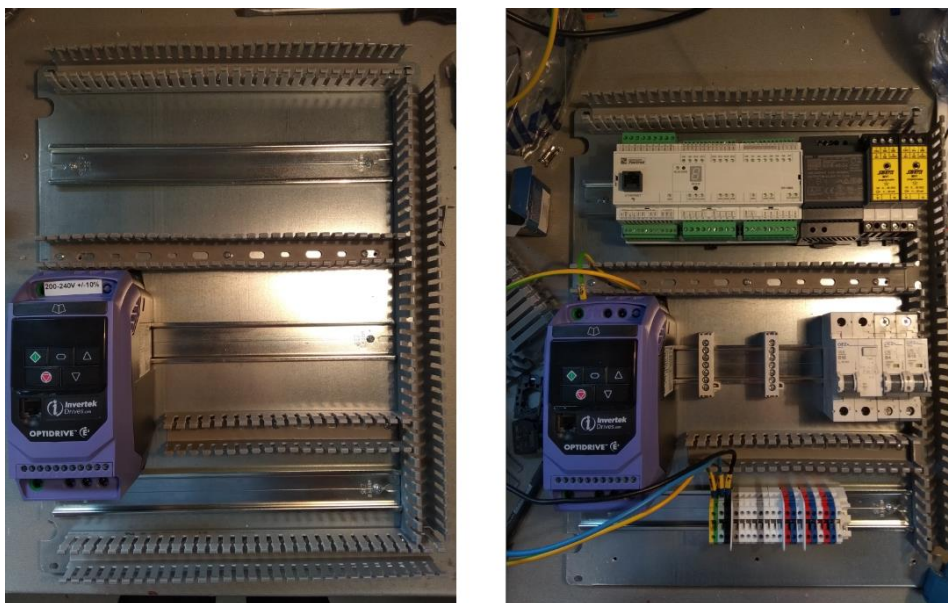
Obrázek 5.3: Realizace jednotky - Uchycení skříňe rozvaděče



## 5.2 Rozvaděčová část

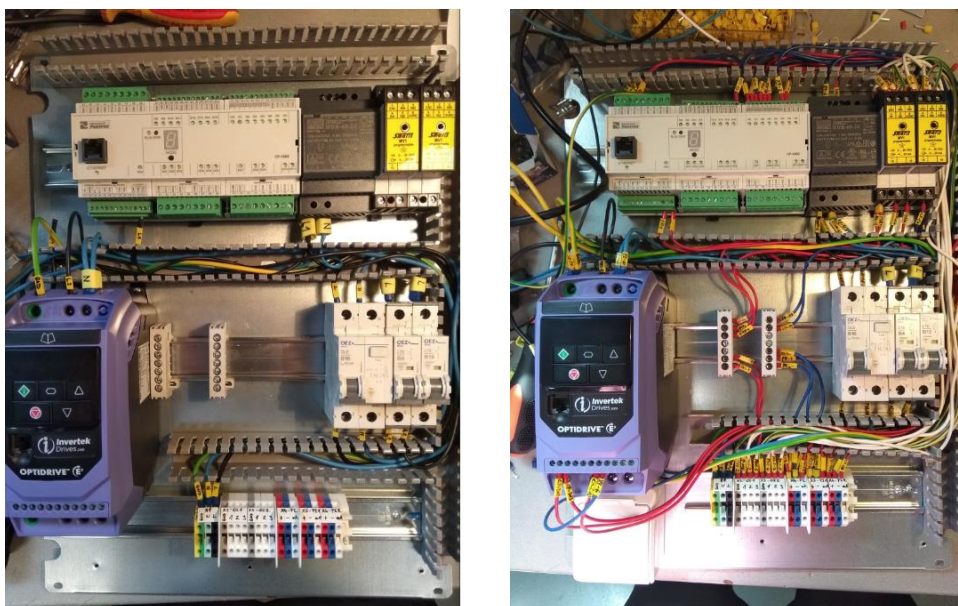
V další fázi byl vytvořen samotný rozvaděč a provedena nezbytná elektroinstalace dle elektro projektu, který je součástí přílohy této diplomové práce (Příloha A).

Montážní deska rozvodné skříně byla nejprve osazena přístrojovými DIN lištami a rozvaděčovými kanály. Na DIN lišty byly poté připevněny jednotlivé prvky rozvaděče, které jsou detailně popsány v předchozích kapitolách.



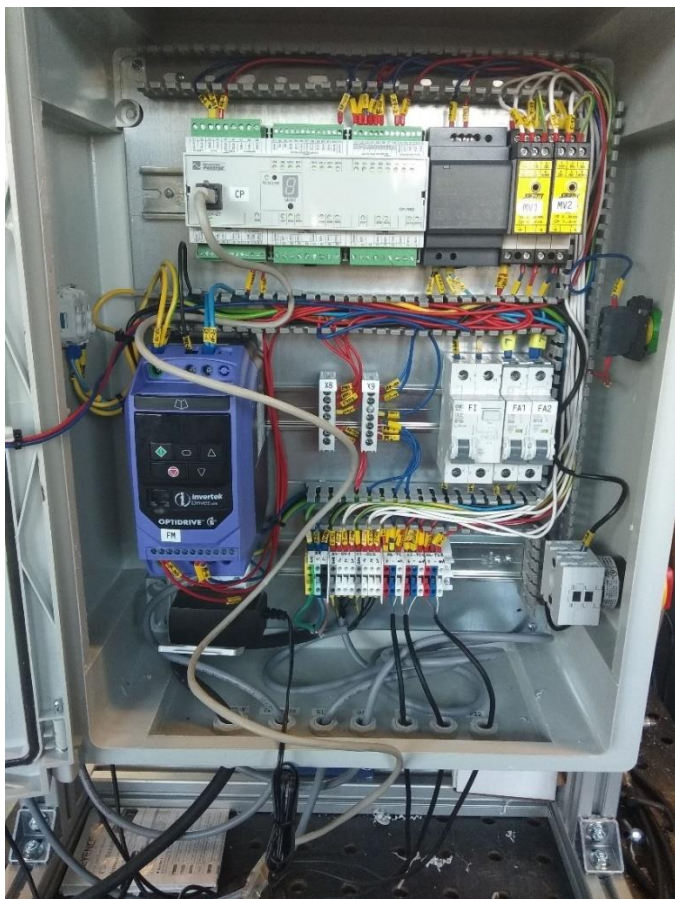
Obrázek 5.4: Realizace rozvaděče - Rozmístění prvků na montážní desce

Následně byla provedena samotná elektroinstalace rozvodné skříně pospojováním jednotlivých prvků pomocí vodičů dle barevného značení vodičů. Nejdříve tak byla provedena elektroinstalace silových vodičů a poté slaboproudých.



Obrázek 5.5: Realizace rozvaděče - Elektroinstalace na montážní desce

Po provedení elektroinstalace na montážní desce rozvaděče byla tato deska umístěna do rozvaděčové skříně a připevněna. Dále byly propojeny komponenty umístěné na stěnách rozvaděčové skříně s příslušnými svorkami rozvaděče a následně jednotlivé měřicí prvky se svorkami umístěnými ve spodní části rozvaděče. Bylo provedeno také připojení motoru čerpadla ke svorkám frekvenčního měniče, přičemž svorkovnice motoru byla zapojena do trojúhelníku z důvodu napájení 230 V z frekvenčního měniče a sled fází byl dodržen.



Obrázek 5.6: Realizace rozvaděče - Uchycení montážní desky do rozvaděčové skříně



Obrázek 5.7: Zapojení vinutí motoru do trojúhelníku



V poslední fázi byly veškeré vodiče v rozvaděči řádně uloženy do rozvaděčových kanálů. Vně rozvaděče byly kabely opleteny svazkovací spirálou a opět uloženy do rozvaděčových kanálů připevněných k okraji rámu laboratorní jednotky.



*Obrázek 5.8: Rozvaděč laboratorní testovací jednotky*

### **5.3 Oživení laboratorní jednotky**

Připojením jednotky ke zdroji napájení a otočením vačkového spínače do zapnuté polohy bylo přivedeno napájení k proudovému chrániči. Po zapnutí proudového chrániče a obou jističů bylo dále napájení přivedeno ke všem jednotlivým prvkům systému.

Po naběhnutí všech komponent byl do PLC a ovládacího panelu nahrán řídicí software prostřednictvím vývojového prostředí Mosaic v online režimu pomocí ethernetového kabelu. Byly nastaveny IP adresy PLC a ovládacího panelu. Dále byl nastaven modem tak, aby byl umožněn vzdálený přístup a přístup k internetu. V nově vytvořené síti modemu byly konfigurovány statické IP adresy PLC a ovládacího panelu pro možnost připojení přes internet a službu TecoRoute.

Bylo provedeno inicializační základní nastavení jednotlivých měřicích prvků (průtokoměru a tlakoměrů) dle pokynů výrobce a nastavení měřicích rozsahů. Dále bylo provedeno také základní nastavení frekvenčního měniče, přičemž byla do jeho paměti uložena základní data a informace o řízeném motoru (štitkové hodnoty motoru, rozsahy řídicí frekvence, atp.).

## 6 ZKUŠEBNÍ PROVOZ

Zkušební provoz laboratorní jednotky byl realizován připojením jednotky ke zdroji napájení a připojením celé technologie k nádrži s destilovanou vodou. Zároveň byla řídicí jednotka PLC připojena prostřednictvím Mosaicu do online režimu, kde bylo možné sledovat aktuální stavy všech připojených vstupů a výstupů programovatelného automatu.

Nejdříve byl vyzkoušen ovládací panel a jeho základní funkce – jednotlivé obrazovky a správnost připojených měřicích prvků. Dále zadávání všech požadovaných hodnot, přičemž bylo možné správnost zadávání a načítání daných hodnot sledovat v programu Mosaic. Následně byl vyzkoušen i digitální a analogový výstup PLC pro spouštění čerpadla v automatickém i manuálním režimu.

Poté byl proveden zkušební provoz laboratorní jednotky s připojením k destilované vodě. Po spuštění čerpadla v manuálním režimu došlo k regulování pomocí PID regulace na požadovaný procentuální výkon čerpadla. Průtok byl průtokoměrem zaznamenáván, stejně tak tlak a vodivost pomocí příslušných měřicích sond. Škrticím ventilem bylo vyzkoušeno zvyšování tlaku v systému, přičemž byl nastaven havarijní tlak na nízkou hodnotu 2 bar. Při překročení této havarijní hodnoty se čerpadlo automaticky vypnulo a do systému se přestala čerpat voda. Tím byla ověřena správná funkce podmínky pro havarijní tlak. V dalším bodě bylo opět za chodu čerpadla vyzkoušeno stop tlačítko, které při zmáčknutí správně čerpadlo odstavilo a opět do systému přestalo čerpat vodu.

Byl vyzkoušen také vzdálený přístup k laboratorní jednotce pomocí služby TecoRoute, který také plnil správnou funkci a jednotka byla ovladatelná prostřednictvím internetu. Další zkouškou byl přístup k ovládacímu panelu pomocí mobilního telefonu připojením k wi-fi síti modemu, kdy byl po zadání příslušné IP adresy PLC do adresního řádku prohlížeče umožněn přístup k ovládání celé technologie.

Kromě potvrzení správnosti většiny funkcí bylo zkušebním provozem zjištěno i několik nedostatků, které se týkaly především nedokonalosti softwaru. Šlo například o špatné přiřazení proměnné k zadávacímu poli u měření vodivosti nebo o špatně zadanou rovnici přímky pro přepočítání měření tlaku. Tyto nesrovnalosti a chyby byly eliminovány a řídicí program byl upraven. Po opětovném přehrání programu do PLC a opětovné zkoušce byly tyto chyby odstraněny.

Zkušebním provozem se potvrdila správná funkce laboratorní jednotky a zároveň vyvstalo několik návrhů na její vylepšení.

## 7 ZÁVĚR

V rámci diplomové práce bylo navrženo a sestaveno laboratorní napájecí zařízení pro výběr vhodné technologie pro čištění a úpravu prádelenských odpadních vod.

V práci je popsán teoretický úvod k problematice čištění prádelenských odpadních vod a řídicí systém Tecomat Foxtrot. V praktické části je pak návrh jednotlivých elektrických, elektronických, měřicích a řídicích prvků s jejich stručným popisem a principem funkce. A dále návrh softwaru PLC pro řízení celé technologie. Tento návrh je poté realizován a jednotka fyzicky sestavena. Realizace jednotky a jejího rozvaděče je detailně popsána v samostatné kapitole. Poslední část práce se věnuje zkušebnímu provozu a jeho vyhodnocení. Diplomová práce a její členění odpovídá zadání.

Laboratorní zařízení již nyní slouží pro testování a výběr vhodné technologie použitelné pro čištění prádelenských odpadních vod. Je poměrně často využíváno a plní svoji funkci v plném rozsahu. Testováním různých technologií čištění a úpravy v laboratorním měřítku je technolog schopen vybrat tu nejlepší variantu a získané poznatky dále využít při návrhu skutečné velké realizace u zákazníka. Laboratorní zařízení je tedy pomůckou technologovi při rozhodování a návrhu, jakou technologii pro konkrétní provoz a konkrétního zákazníka využít.

Takto sestavená a navrhnutá laboratorní jednotka je poměrně univerzální a nemusí sloužit pouze pro zjištění vhodné technologie pro čištění a úpravu vod v prádelenských provozech. Dá se využít i na jiné provozy, jako je např. textilní průmysl, bazénové technologie, atp.

V dalším postupu by bylo vhodné na laboratorní jednotce provést několik změn a úprav.

Tou první by mohla být výměna proudového chrániče za vhodnější typ, jak bylo naznačeno v kapitolách o proudovém chrániči (3.2.4) a frekvenčním měniči (3.2.7). Frekvenční měnič generuje nežádoucí stejnosměrné reziduální proudy, které mohou snižovat správnou funkci použitého proudového chrániče typu AC. Bylo by vhodné tento proudový chránič nahradit proudovým chráničem typu B tak, jak doporučuje výrobce frekvenčního měniče.

Další možnou a vhodnou úpravou by byla výměna obou tlakoměrů, opět je tato problematika více popsána v příslušné kapitole (3.1.2). Použité tlakoměry mají poměrně veliký měřicí rozsah, který není na této laboratorní jednotce možné využít v plné šíři. Nabízí se tedy výměna těchto tlakoměrů za tlakoměry s menším měřicím rozsahem. S touto změnou úzce souvisí i příslušná úprava softwaru, a to konkrétně přepis hodnot rovnice přímky, která by výměnou tlakoměru změnila svoji charakteristiku.

Další navrhovanou úpravou je vylepšení softwarového přepočtu měřených hodnot. Naměřené hodnoty a následně přepočítané pomocí rovnice přímky se totiž mírně odlišují od hodnot uváděných přímo na displejích měřicích senzorů. Jde tedy spíše o problematiku řídicího programu. Konkrétní řešení pro toto vylepšení by bylo vhodným zamyšlením v dalším postupu.

Poslední návrh úpravy se týká samotné technologie, kdy by bylo vhodné využít dalšího průtokoměru pro měření průtoku permeátu. Tím by se dala specifikovat a vypočítat výtěžnost konkrétní technologie, čímž by se získala další cenná informace pro finální návrh správné technologie pro úpravu a čištění prádelenských odpadních vod.



## LITERATURA

- [1] Úspory a ekologie v prostředí moderních prádelen, uklidplus.cz. Úklid plus čištění, uklidplus.cz. [online]. [cit. 2018-12-26]. Dostupné z: <http://www.uklidplus.cz/rubriky/uspory-ekologie-v-prostredi-modernich-pradelen>
- [2] Odpadní vody z prádelen. tzb.cz [online]. [cit. 2018-12-22]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/3121-odpadni-vody-z-pradelen>
- [3] D: Mikulášek P. a kol., Tlakové membránové procesy, VŠCHT Praha 2013. 9788070808627
- [4] Tlakové membránové procesy | Czemp. Přístup byl zamítnut | Czemp [online]. Copyright © CZEMP [cit. 31.12.2018]. Dostupné z: <http://www.czemp.cz/cs/membranove-procesy/tlakove-membranove-procesy>
- [5] Cross-flow Filtration | Highland Fluid Technology. Highland Fluid Technology | Improved Performance through Engineered Fluid Processing and Recycling Solutions [online]. Copyright © 2018 [cit. 31.12.2018]. Dostupné z: <https://highlandfluid.com/cross-flow-filtration/>
- [6] Představení společnosti Teco, a.s. In: Teco, a.s. [online]. 2012 [cit. 2018-12-22]. Dostupné z: [https://www.tecomat.cz/uploads/files/DOCS/cze/PRINTS/Cat\\_2012\\_03\\_teco%20introduction\\_cz\\_01.pdf](https://www.tecomat.cz/uploads/files/DOCS/cze/PRINTS/Cat_2012_03_teco%20introduction_cz_01.pdf)
- [7] JOHNSON CONTROLS INTERNATIONAL, spol. s.r.o., Inteligentní budova (I). In: Inteligentní budova (I) - TZB-info [online]. 2002 [cit. 2018-12-22]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1143-inteligentni-budova-i>
- [8] Programovatelné automaty Tecomat Foxtrot. TECO, a.s.; www.tecomat.com [online]. 22. vyd. leden 2017 [cit. 2018-12-22]. Dostupné z: [https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00410\\_01\\_general\\_foxtrot](https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00410_01_general_foxtrot)
- [9] KOTÍK, M. Návrhový systém pro zjištění a kvantifikaci požadavků na řídicí systém inteligentního domu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 59 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Branislav Bátora, Ph.D. [online]. [cit. 2018-12-22]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace?zp\\_id=85018&aid\\_redir=1](https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace?zp_id=85018&aid_redir=1)

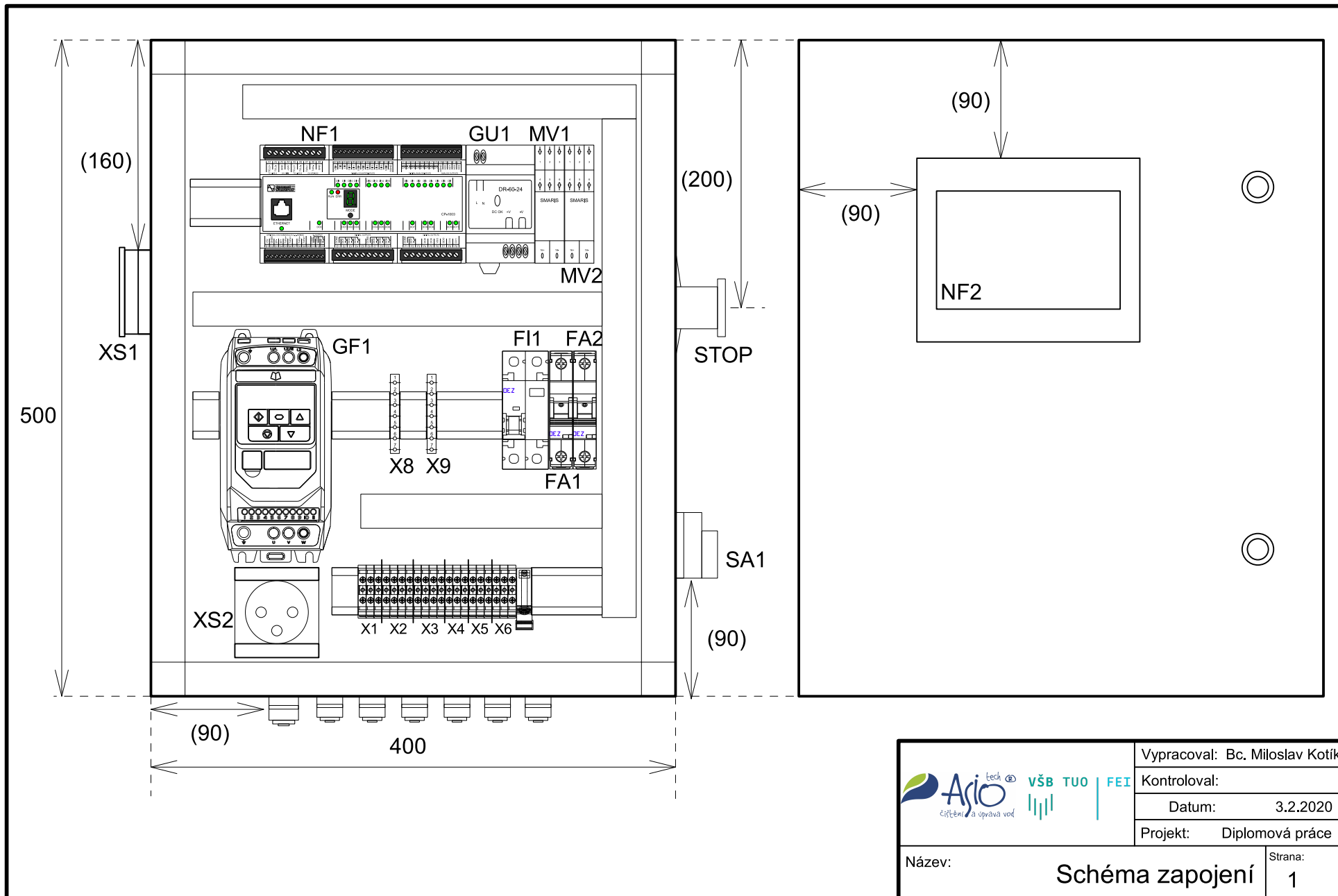
- [10] KOLÁŘ, M. Počítačové řízení a programování prvků systémové elektroinstalace INELS. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 60 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Branislav Bátora .[online]. [cit. 2018-12-22]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/30619>
- [11] Proven Pump Solutions For The Best Results ← Verderliquids.com. Proven Pump Solutions For The Best Results ← Verderliquids.com [online]. Dostupné z: <https://www.verderliquids.com>
- [12] Technologie tlakových senzorů - 10/05/2008 - Control Engineering Česko. Hlavní strana - Control Engineering Česko [online]. Copyright © 2007 [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/technologie-tlakovych-senzoru/>
- [13] Main Unit, Positive-pressure Type, 10 MPa - GP-M100 | KEYENCE International Belgium. Sensors and Machine Vision Systems for Factory Automation | KEYENCE International Belgium [online]. Dostupné z: <https://www.keyence.eu/products/process/pressure/gp-m/models/gp-m100/>
- [14] Vodivostní sonda SV | smaris.cz. Home | smaris.cz [online]. Copyright © 2017 smaris s.r.o. [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: <https://www.smaris.cz/p-vodivostni-sonda-sv>
- [15] Měření vodivosti a pH - ElektroPrůmysl.cz. informace ze světa průmyslu a elektrotechniky - ElektroPrůmysl.cz [online]. Copyright © 2011 [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/mereni-vodivosti-a-ph>
- [16] KADLEC, Karel. Ultrazvukové průtokoměry - princip, vlastnosti a použití. Automa [online]. 2013, 2013(07), 4 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: [https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf\\_articles/10538.pdf](https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/10538.pdf)
- [17] Sensor Main Unit 8A/10A Type - FD-Q10C | KEYENCE America. Sensors and Machine Vision Systems for Factory Automation | KEYENCE America [online]. Dostupné z: <https://www.keyence.com/products/process/flow/fd-q/models/fd-q10c/>
- [18] Programovatelné automaty Tecomat Foxtrot CP-1003, CP-1013. TECO, a.s.; [www.tecomat.com](http://www.tecomat.com) [online]. 6. vyd. březen 2017 [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: [https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00433\\_01\\_foxtrot\\_cp\\_1003](https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00433_01_foxtrot_cp_1003)


- [19] Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot. TECO, a.s.; [www.tecomat.com](http://www.tecomat.com) [online]. 3d. vyd. září 2016 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: [https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00416\\_01\\_cfoxrfoxprojektovani\\_cz](https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00416_01_cfoxrfoxprojektovani_cz)
- [20] Proudové chrániče – přehled a použití I, OEZ. OEZ [online]. Copyright © 2001 [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/aktuality/proudove-chronice-prehled-a-pouziti-i>
- [21] Proudové chrániče II – dělení podle ochrany a reziduálního proudu, OEZ. OEZ [online]. Copyright © 2001 [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/aktuality/proudove-chronice-ii-deleni-podle-ochrany-a-rezidualniho?highlightWords=proudov%C3%A9+chr%C3%A1ni%C4%8D>
- [22] Proudové chrániče III – stejnosměrná složka reziduálního proudu, OEZ. OEZ [online]. Copyright © 2001 [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/aktuality/proudove-chronice-iii-stejnosmerna-slozka-rezidualniho>
- [23] OLE Proudové chrániče s nadproudovou ochranou 6 kA, OEZ. OEZ [online]. Copyright © 2001 [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/produkty/ole-proudove-chronice-s-nadproudovou-ochranou-6-ka>
- [24] studijní materiály elektro: ESP E2. studijní materiály elektro [online]. Copyright © 2020 studijní materiály elektro. All Rights Reserved. [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: [http://www.mbest.cz/?page\\_id=58](http://www.mbest.cz/?page_id=58)
- [25] Elektrické ochrany v soustavách nízkého napětí - 2. díl: Jistič. oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/elektricke-ochrany-v-soustavach-nizkeho-napeti-jistic>
- [26] Jistič 1p B 4A 6kA LTE - Elektroinstalační materiál Sonepar. Sonepar Česká Republika - elektrotechnický velkoobchod, elektro materiál [online]. Dostupné z: <https://www.sonepar.cz/jistic-1p-b-4a-6ka-lte>
- [27] Jistič 1p B 10A 6kA LTE - Elektroinstalační materiál Sonepar. Sonepar Česká Republika - elektrotechnický velkoobchod, elektro materiál [online]. Dostupné z: <https://www.sonepar.cz/jistic-1p-b-10a-6ka-lte>
- [28] Převodníky vodivosti kapalin MV1 a MV1-REL | smaris.cz. Home | smaris.cz [online]. Copyright © 2017 smaris s.r.o. [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: <https://www.smaris.cz/p-prevodniky-vodivosti-kapalin-mv1-a-mv1-rel>
- [29] Zapojení a základní nastavení frekvenčního měniče – mylms. mylms [online]. Dostupné z: <https://www.mylms.cz/zapojeni-a-zakladni-nastaveni-frekvencniho-menice/>

- [30] Regulované pohony s měniči frekvence (2. část). Etm.cz - elektrotechnika on-line [online]. Dostupné z: <http://www.etm.cz/index.php/component/content/article/108-pro-pohony/887-regulovane-pohony-s-mnii-frekvence-2-ast>
- [31] INVERTEK CZ s.r.o. - OPTIDRIVE E3. INVERTEK CZ s.r.o. | Domů [online]. Copyright © 2019 INVERTEK CZ s.r.o. I All rights reserved. I Realizoval [cit. 13.04.2020]. Dostupné z: <https://www.invertek.cz/frekvencni-menice/optidrive-e3-vseobecne-pouziti>


## **PŘÍLOHY**

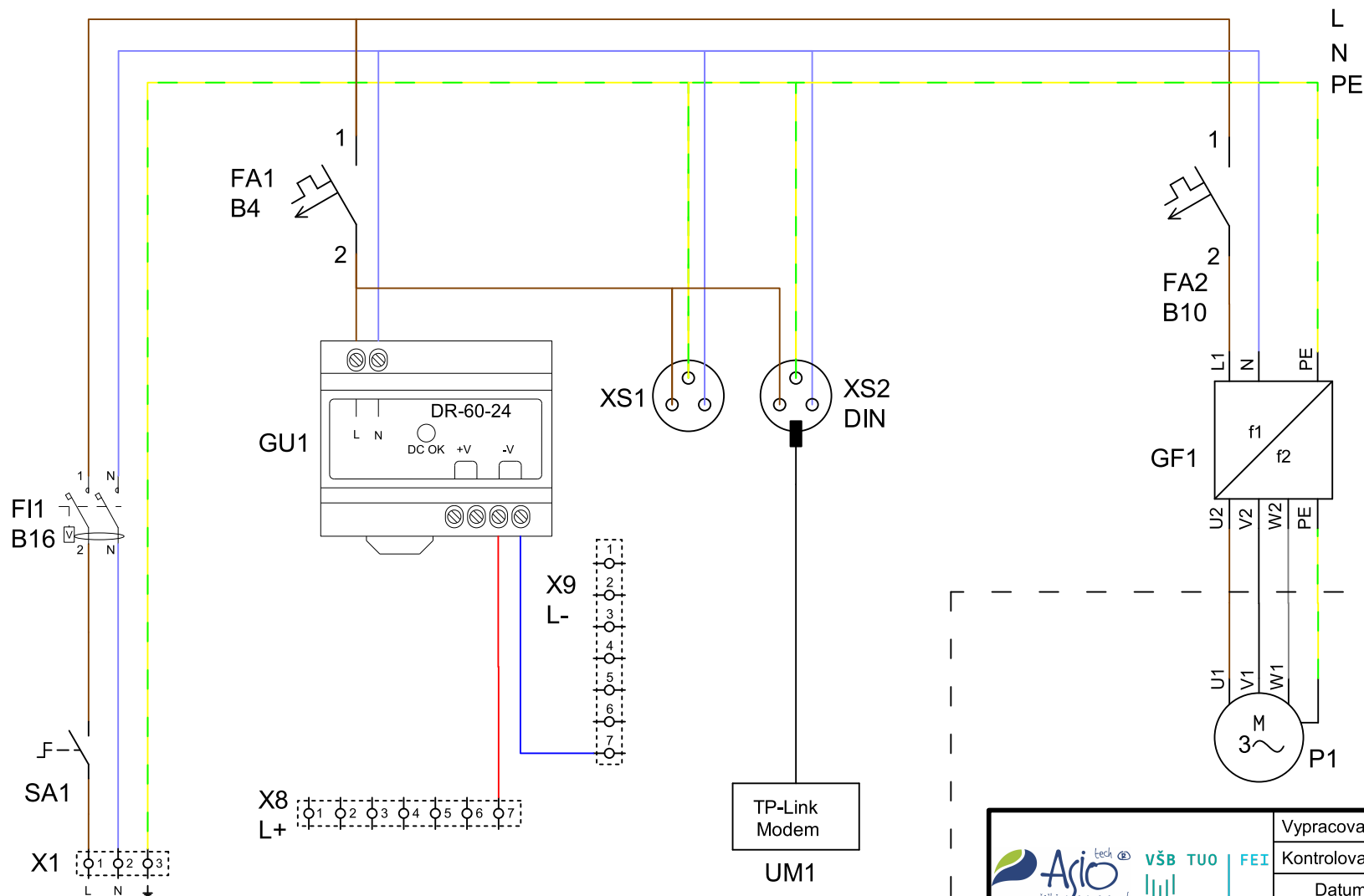
### **Příloha A – Schéma zapojení**



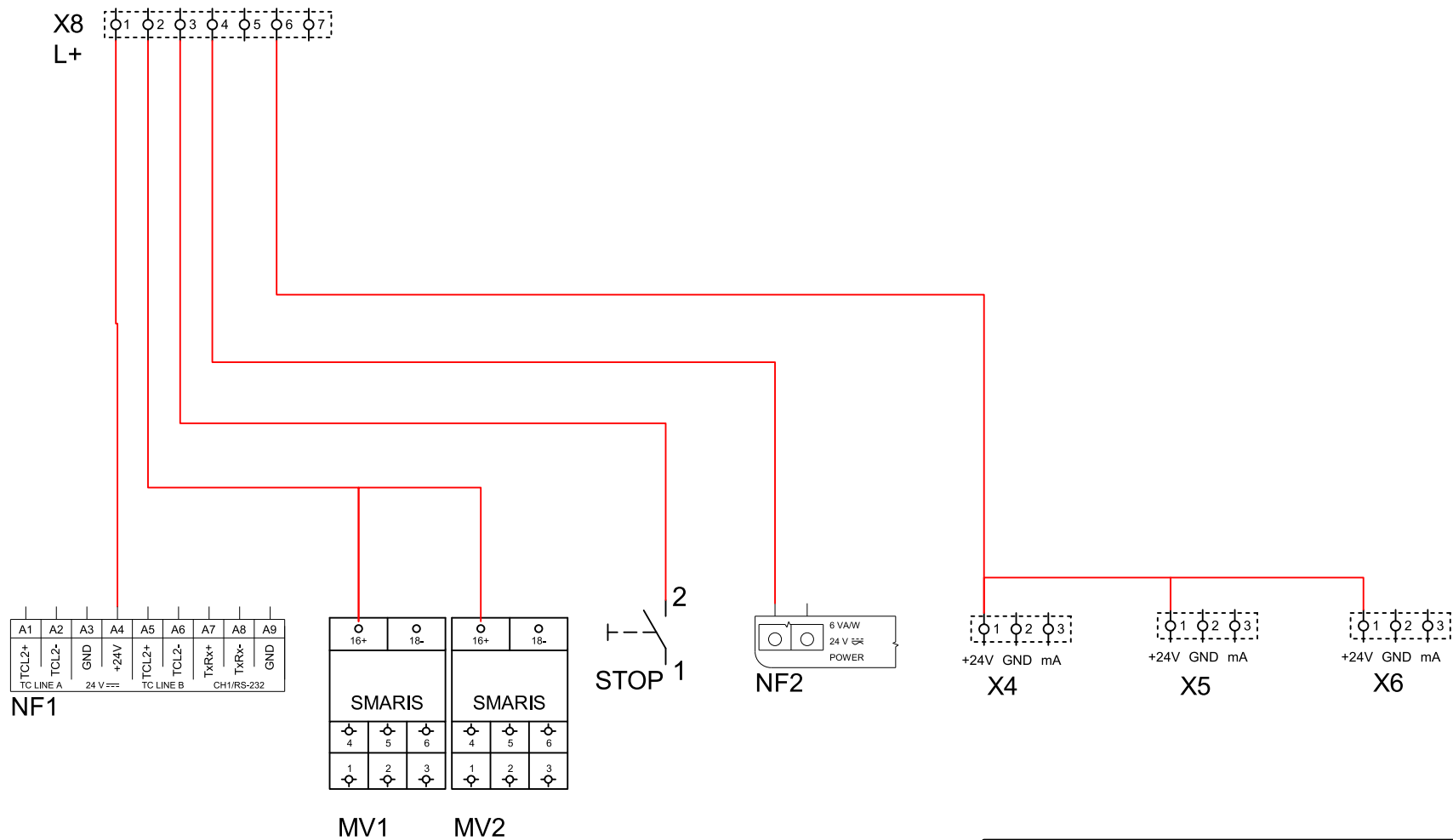
	Vypracoval: Bc. Miloslav Kotík	
	Kontroloval:	
	Datum:	3.2.2020
	Projekt:	Diplomová práce
Název: Schéma zapojení		Strana: 1

Označení	Výrobce	Zařízení	Počet
SA1	Lovato	Spínač vačkový 16A 3P 2polohy GX1610U25	1
F11	OEZ	Chránič proudový kombinovaný 2p B 16A 30mA AC 6kA OLE	1
FA1	OEZ	Jistič 1p B 4A 6kA LTE	1
FA2	OEZ	Jistič 1p B 10A 6kA LTE	1
GU1	Teco	DR-60-24 Napájecí zdroj 230VAC/24VDC, 2.5A v 4M	1
GF1	Invertek	Invertek Optidrive E3 - Frekvenční měnič ODE-3-120043-1F12	1
XS1	Mennekes	Zásuvka vestavná 16A 230V CZ MN-11101 modrá	1
SX2	Famatel	GALATEA Zásuvka IP44 bílá	1
P1	Verder	Verder VGS 096.17-SSET-1-M	1
NF1	Teco	Základní modul Tecomat Foxtrot CP-1003	1
NF2	Teco	Operátorský panel ID-32	1
MV1	Smaris	Smaris Programovatelný převodník vodivosti kapalin MV1	1
MV2	Smaris	Smaris Programovatelný převodník vodivosti kapalin MV1	1
STOP	Schneider Electric	Hlavice hříbová ZB5AS844 rudá 40mm odblokování pootočením	1
UM1	TP-Link	TP-Link Archer MR200, 4G LTE Router	1
-	Famatel	Skříň 39145 MAGNA IP65, 500x400x175mm	2
-	Schneider Electric	Díl spojovací ZB5AZ009	1
-	Emos	Flexo gumová 3G2,5 přímá 3m černá (S03430)	1
-	Schneider Electric	Jednotka spínací ZBE101 1/0 jednoduchá	1
-	Scame	Vývodka M20 s maticí M20x1,5 SCAME	1
-	Scame	Vývodka M16 s maticí M16x1,5 SCAME	6
-	OEZ	Mústek rozbočovací L 7 šedý s krytem	2
-	SEZ - CZ	Lišta přístrojová DIN 35x 7,5 plná 0,300m SEZ	3
-	Elektro Bečov	Přepážka středová RSA 2,5 A bílá	3
-	Elektro Bečov	Svorka řadová RSA 2,5 A světle modrá	1
-	Elektro Bečov	Svorka řadová RSA 2,5 A červená	3
-	Elektro Bečov	Svorka řadová RSA 2,5 A šedá	2
-	Elektro Bečov	Svorka řadová RSA 2,5 A bílá	9
-	Elektro Bečov	Svorka řadová RSA 2,5 A tmavě modrá	3
-	Elektro Bečov	Svorka řadová RSA 2,5 A černá	1
-	Elektro Bečov	Svorka řadová RSA 2,5 A PE zeleno-žlutá	1

	Vypracoval: Bc. Miloslav Kotík
	Kontroloval:
	Datum: 3.2.2020
	Projekt: Diplomová práce
Název:	Strana:
Schéma zapojení	2

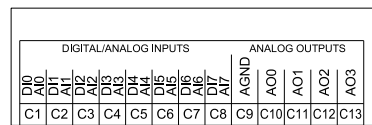




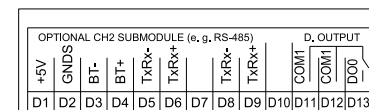




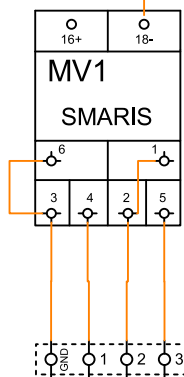
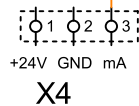
NF1



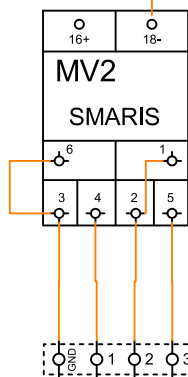
NF1



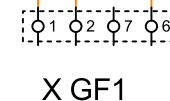
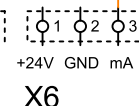
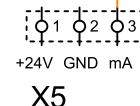
1  
STOP 2



X2



X3



Vypracoval: Bc. Miloslav Kotík

Kontroloval:

Datum: 3.2.2020

Projekt: Diplomová práce

Název:

Schéma zapojení

Strana: 6